

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-019864

(43)Date of publication of application : 20.01.2005

---

(51)Int.Cl. H01L 21/027  
G03F 7/20

---

(21)Application number : 2003-185389

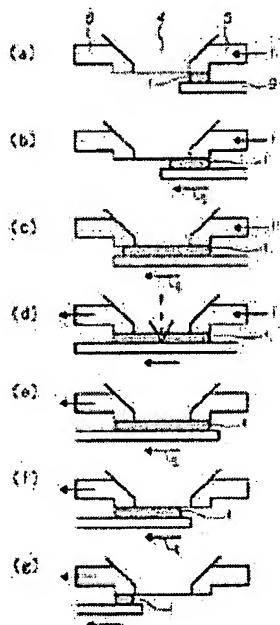
(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 27.06.2003

(72)Inventor : NAKANO KAZUSHI

---

## (54) EXPOSURE DEVICE AND METHOD



### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To surely fill a space between the final surface of a projection optical system and a substrate with a liquid in an exposure device to which an immersion method is applied.

**SOLUTION:** This exposure device comprises a liquid supply nozzle 5 disposed in the periphery of the projection optical system 4 and in the first direction as seen from the projecting optical system. When a substrate 9 is moved in the second direction opposite to the first direction by a substrate stage 10, the liquid is supplied onto the surface of the substrate 9 through the liquid supply nozzle 5 to form a liquid film f on that surface. Here, the liquid is continuously supplied onto the surface of the substrate 9 through the liquid supply nozzle 5 so that the liquid film f is continuously spread as the substrate 9 moves.

## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

It is an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate and transfers it via a projection optical system,

A substrate stage to which a substrate is held and moved,

A liquid feed zone which has a liquid feed nozzle, supplies a liquid on the surface of said substrate, and forms liquid membrane on said surface,

A preparation and said liquid feed nozzle are seen from the circumference of said projection optical system, and said projection optical system, and are arranged in the 1st direction,

When said substrate stage moves said substrate toward the 2nd direction that is a counter direction of said 1st direction, said liquid feed zone so that said liquid membrane may spread continuously with movement of said substrate, An exposure device constituting so that a liquid may be continuously supplied on the surface of said substrate through said liquid feed nozzle.

[Claim 2]

The exposure device according to claim 1, wherein said liquid feed zone supplies a liquid on the surface of said substrate through said liquid feed nozzle so that said liquid may advance into a gap of a final surface of said projection optical system, and said substrate and this gap may be filled with said liquid, when said substrate moves.

[Claim 3]

It has further a liquid stripping section which has a liquid recovery nozzle, and said liquid recovery nozzle is seen from the outside of said projection optical system, and said projection optical system, and is arranged in said 2nd direction,

The exposure device according to claim 1 or 2 the feature and, wherein [ to carry out ] said liquid stripping section is constituted so that liquids which constitute liquid membrane which spreads with movement of said substrate may be collected through said liquid recovery nozzle.

[Claim 4]

Have further a liquid stripping section which has two or more liquid recovery nozzles arranged so that said projection optical system may be surrounded, and said liquid stripping section, The exposure device according to claim 1 or 2 collecting liquids which constitute liquid membrane formed on said substrate through said all or a part of two or more liquid recovery nozzles.

[Claim 5]

Said liquid feed zone has two or more liquid feed nozzles arranged in the direction different mutually [ in view of said projection optical system ]. When said substrate stage moves said substrate, The exposure device according to claim 1 or 2 supplying a liquid to the surface of said substrate through a liquid feed nozzle which sees from said projection optical system at least among said two or more liquid feed nozzles, and is located in a counter direction of the move direction of said substrate.

[Claim 6]

Said liquid feed zone has two or more liquid feed nozzles arranged in the direction different mutually [ in view of said projection optical system ]. When said substrate stage moves said substrate, a liquid is supplied to the surface of said substrate through a liquid feed nozzle which sees from said projection optical system

at least among said two or more liquid feed nozzles, and is located in a counter direction of the move direction of said substrate,

The exposure device according to claim 4, wherein said liquid stripping section collects liquids which constitute liquid membrane formed on said substrate through a liquid recovery nozzle which sees from said projection optical system at least among said two or more liquid recovery nozzles, and is located in the move direction of said substrate.

[Claim 7]

The exposure device according to claim 4 or 6, wherein said two or more liquid recovery nozzles are arranged at the outside of two or more of said liquid feed nozzles.

[Claim 8]

Claim 1 constituting so that said liquid feed zone may be the same as that of width of a direction which intersects perpendicularly in the move direction of said substrate about exposing light which came out of said projection optical system or a liquid may be supplied to the surface of said substrate by larger width than it thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 7.

[Claim 9]

When width of an exit of said liquid feed nozzle which met [ rate of flow / of a liquid in an exit of said liquid feed nozzle / average / interval / of a final surface of mu and said projection optical system and said substrate ] movement speed of upsilon and said substrate in movement speed of d and said substrate is set to w,

$Mu > d - \upsilon / w$

\*\*\*\*\* -- an exposure device given in any 1 clause of Claim 1 characterized by said liquid feed zone controlling supply of a liquid like thru/or Claim 8.

[Claim 10]

Claim 1, wherein said liquid feed zone controls a flow of a liquid supplied to said substrate through said liquid feed nozzle based on movement speed of said substrate thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 8.

[Claim 11]

Claim 1, wherein an interval of an exit of said liquid feed nozzle and said wafer stage is substantially [ as an interval of a final surface of said projection optical system, and said wafer stage ] equal thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 10.

[Claim 12]

Claim 1, wherein an interval of an exit of said liquid feed nozzle and said wafer stage is larger than an interval of a final surface of said projection optical system, and said wafer stage thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 10.

[Claim 13]

The exposure device according to claim 3 or 4, wherein an interval of an entrance of said liquid recovery nozzle and said wafer stage is substantially [ as an interval of a final surface of said projection optical system, and said wafer stage ] equal.

[Claim 14]

The exposure device according to claim 3 or 4, wherein an interval of an entrance of said liquid recovery

nozzle and said wafer stage is smaller than an interval of a final surface of said projection optical system, and said wafer stage.

[Claim 15]

Said liquid feed nozzle adjoins a final surface of said projection optical system, and is arranged.

Claim 1, wherein an end of said final surface has linear shape in a portion which said final surface and said liquid feed nozzle adjoin thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 14.

[Claim 16]

Claim 1 to which, as for a final surface of said projection optical system, lay length which intersects perpendicularly in said 1st direction is characterized by a long time rather than said 1st direction thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 14.

[Claim 17]

Said liquid recovery nozzle adjoins a final surface of said projection optical system, and is arranged.

The exposure device according to claim 3 or 4, wherein an end of said final surface has linear shape in a portion which said final surface and said liquid recovery nozzle adjoin.

[Claim 18]

Claim 1, wherein a final surface of said projection optical system has rectangular shape thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 17.

[Claim 19]

Claim 1, wherein it has further a continuous member which has the opposed face which was continuously prolonged from a final surface of said projection optical system, and countered said substrate stage and an exit of said liquid feed nozzle is established in said opposed face thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 18.

[Claim 20]

The exposure device according to claim 3 or 4, wherein it has further a continuous member which has the opposed face which was continuously prolonged from a final surface of said projection optical system, and countered said substrate stage and an exit of said liquid feed nozzle and an entrance of said liquid recovery nozzle are established in said opposed face.

[Claim 21]

Claim 1, wherein said liquid feed zone has the closing mechanism for having the nozzle group arranged by 1 or plural lines as said liquid feed nozzle, and controlling individually supply and a stop of a liquid from said nozzle group thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 20.

[Claim 22]

The exposure device according to claim 21, wherein said closing mechanism controls supply and a stop of a liquid using each nozzle of said nozzle group according to whether said substrate exists directly under each nozzle.

[Claim 23]

It is an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate and transfers it via a projection optical system,

A substrate stage to which a substrate is held and moved,

Said substrate laid on said substrate stage, and a plate which has a field of substantially equal height,

A liquid feed zone which supplies a liquid between a final surface of said projection optical system, said substrate, or said plate,

A liquid stripping section which collects liquids which exist between a final surface of said projection optical system, said substrate, or said plate,

An exposure device characterized by preparation \*\*\*\*\*.

[Claim 24]

The exposure device according to claim 23, wherein said plate is arranged so that said substrate laid on said substrate stage may adjoin in part at least.

[Claim 25]

The exposure device according to claim 23 or 24, wherein a suction opening for attracting a liquid on said plate is provided in said plate.

[Claim 26]

The exposure device according to claim 23 or 24, wherein a feed hopper for supplying a liquid on said plate is established in said plate.

[Claim 27]

The exposure device according to claim 23 or 24, wherein a channel for supplying a liquid on said plate and attracting a liquid on said plate is carrying out the opening to said plate.

[Claim 28]

Claim 23 having further drive mechanism made to move said plate under a final surface of said projection optical system thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 27.

[Claim 29]

Claim 23, wherein said substrate stage is constituted so that said plate can be driven under a final surface of said projection optical system thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 27.

[Claim 30]

It is an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate and transfers it via a projection optical system,

A substrate stage to which a substrate is held and moved,

A continuous member which has the liquid touching face which extended continuously from a final surface of said projection optical system,

A liquid feed zone which supplies a liquid through an exit established in said liquid touching face between said final surface and said liquid touching face, and said substrate,

An exposure device characterized by preparation \*\*\*\*\*.

[Claim 31]

The exposure device according to claim 30 having further a liquid stripping section which collects liquids which exist between said final surface and said liquid touching face, and said substrate.

[Claim 32]

The exposure device according to claim 30, wherein said liquid stripping section is constituted so that liquids which exist through an entrance established in said liquid touching face between said final surface and said liquid touching face, and said substrate may be collected.

[Claim 33]

The exposure device according to any one of claims 30 to 32, wherein said continuous member is a part of body tube which supports said projection optical system.

[Claim 34]

The exposure device according to claim 30 equipping an end of said liquid touching face with a lobe projected to said substrate stage side.

[Claim 35]

The exposure device according to claim 34 said lobe's letting an entrance established in a field which has countered said substrate stage pass, and having further a liquid stripping section which collects liquids which exist between said final surface and said liquid touching face, and said substrate.

[Claim 36]

It is an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate and transfers it via a projection optical system,

A substrate stage to which a substrate is held and moved,

A continuous member prolonged from a final surface of said projection optical system,

A liquid feed zone which supplies a liquid to a gap of said final surface and said substrate through a liquid supply port arranged around said final surface,

A liquid stripping section which collects liquids from a gap of said final surface and said substrate through a liquid collection port arranged around said final surface,

A gas diffuser which blows off a gas so that it may be arranged so that said liquid supply port and said liquid stripping section may be surrounded, and the circumference of said substrate may be covered,

An exposure device characterized by preparation \*\*\*\*\*.

[Claim 37]

The exposure device according to claim 36 having further a gas collection port which collects gases which have been arranged so that the circumference of said diffuser may be surrounded, and blew off from said gas diffuser.

[Claim 38]

Claim 1 constituting as a scanning exposure device which transfers a pattern of said original edition to said substrate while moving a substrate stage thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 37.

[Claim 39]

Claim 1 constituting so that it may start, when moving a substrate, in order to change a shot region for operation which supplies a liquid to said substrate through said liquid feed nozzle thru/or an exposure device given in any 1 clause of Claim 37.

[Claim 40]

It is an exposure method which projects a pattern of the original edition on a substrate and transfers it via a projection optical system,

A liquid is supplied on the surface of said substrate through a liquid feed nozzle which saw from the circumference of said projection optical system, and said projection optical system, and has been arranged in the 1st direction, and liquid membrane is formed on the surface of said substrate,

Moving said substrate toward the 2nd direction that is a counter direction of said 1st direction, a liquid is continuously supplied on the surface of said substrate through said feeding nozzle so that said liquid

membrane may spread continuously with movement of said substrate,

An exposure method characterized by things.

[Claim 41]

The exposure method according to claim 40 transferring a pattern of said original edition by slit light to said substrate while moving said substrate.

[Claim 42]

The exposure method according to claim 40 carrying out formation of said liquid membrane among said two or more transfers in advance of transfer of a pattern of said original edition to said substrate.

[Claim 43]

It is an exposure method which projects a pattern of the original edition on a substrate on a substrate stage, and transfers it via a projection optical system,

A transfer process which transfers a pattern of said original edition to said substrate where a liquid is filled between a final surface of said projection optical system, and said substrate,

A transfer process which moves a plate under said final surface where a liquid is filled under a final surface of said projection optical system,

\*\*\*\*\* -- an exposure method characterized by things.

[Claim 44]

The exposure method according to claim 43 including further an extraction process of taking out said substrate from on said substrate stage after said transfer process in the state where said plate is located under a final surface of said projection optical system.

[Claim 45]

The exposure method according to claim 44 including further a process of laying a substrate new on said substrate stage after said extraction process.

[Claim 46]

It is an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate via a projection optical system,

A substrate stage to which said substrate is held and moved,

It has a nozzle which counters said substrate on said substrate stage, and has a liquid feed zone which supplies a liquid on said substrate,

An exposure device being constituted by movement of said substrate by said substrate stage, and liquid supply of a up to [ said substrate by said liquid feed zone ] so that liquid membrane may be formed between said projection optical system and said substrate.

[Claim 47]

The exposure device according to claim 46 provided with a counter member which counters with said substrate and is arranged so that a liquid supplied by said liquid feed zone may form liquid membrane of uniform thickness substantially.

[Claim 48]

It is an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate via a projection optical system,

A substrate stage to which said substrate is held and moved,

A liquid membrane formation part which forms liquid membrane between said projection optical system and said substrate on said substrate stage,

A plate which maintains liquid membrane formed of said liquid membrane formation part instead of said substrate

An exposure device characterized by preparation \*\*\*\*\*.

[Claim 49]

It is an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate via a projection optical system,

A substrate stage to which said substrate is held and moved,

A liquid feed zone which supplies a liquid to a gap of said projection optical system and said substrate on said substrate stage,

A liquid stripping section which collects liquids from said gap,

A gas blow-off part which blows off a gas to said substrate so that said gap may be surrounded

An exposure device characterized by preparation \*\*\*\*\*.

[Claim 50]

It is an exposure method which projects a pattern of the original edition on a substrate via a projection optical system,

While supplying a liquid on said substrate by a liquid feed zone which has a nozzle which counters said substrate on a substrate stage, it has the process of forming liquid membrane between said projection optical system and said substrate, by moving said substrate by said substrate stage.

An exposure method characterized by things.

[Claim 51]

It is an exposure method which projects a pattern of the original edition on a substrate via a projection optical system,

A liquid membrane formation process which forms liquid membrane between said projection optical system and said substrate,

A replacing process which replaces said substrate by a plate maintaining liquid membrane formed in said liquid membrane formation process

A \*\*\*\*(ing) exposure method.

[Claim 52]

A device manufacturing method manufacturing a device using an exposure device of a description in any 1 clause of Claims 46-49.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

When this invention manufactures devices, such as a semiconductor device or a liquid crystal display device,

for example, it relates to the exposure device and exposure method which transfer the pattern of the original edition on the substrate with which the sensitizing agent was applied, and relates to the exposure device and exposure method using an immersion method especially.

[0002]

[Description of the Prior Art]

In the manufacturing process of the semiconductor device which comprises pole minute patterns, such as LSI or very large scale integration, the reduced type projection aligner which carries out reduction projection and transfers the pattern formed in the mask on the substrate with which it was applied to the sensitizing agent is used. The further miniaturization of the pattern was required with improvement in the integration density in a semiconductor device, and the correspondence to the miniaturization of an exposure device has been made simultaneously with development of a resist process.

[0003]

As a means which raises the resolution of an exposure device, the method of shortening an exposure wavelength and the method of enlarging the numerical aperture (NA) of a projection optical system are common.

[0004]

About the exposure wavelength, development of the ArF excimer laser which is shifting to the KrF excimer laser light which has an oscillation wavelength near 248 nm from 365-nm i line, and also has an oscillation wavelength near 193 nm is progressing. Development of the fluoride ( $F_2$ ) excimer laser which has an oscillation wavelength near 157 nm is also performed.

[0005]

On the other hand, the projection exposure method using the immersion method as resolution improvement technology completely different from these is attracting attention. Conventionally, although the space between the final surface of a projection optical system and an exposure object board (for example, wafer) side was filled with the gas, in an immersion method, this space is filled with a liquid and projection exposure is carried out. In the case where it is assumed that the advantage of an immersion method has an equal maximum incident angle of the beam of light which uses as pure water (refractive index 1.33) the liquid with which the space between a projection optical system and a wafer is provided, for example, and carries out image formation to a wafer at an immersion method and a conventional method, Even if it uses the light source of an identical wavelength, it is that the resolution of an immersion method improves by 1.33 times the conventional method. This is equivalent to increasing NA of the projection optical system of a conventional method 1.33 times, and according to the immersion method, it is possible to acquire the impossible resolution beyond NA=1 in a conventional method.

[0006]

As a method of filling the space between the final surface of this projection optical system, and a wafer surface with a liquid, it divides roughly and two methods are proposed.

[0007]

One method is the method of arranging the whole final surface and wafer of a projection optical system in a cistern.

The exposure device using this method is indicated by the patent documents 1.

[0008]

Another is the local philharmonic method for pouring a liquid only to the space across which it faced in the projection optical system and the wafer surface.

The exposure device using this method is indicated by the patent documents 2.

[0009]

[Patent documents 1]

JP,H06-124873,A

[Patent documents 2]

The republication patent WO 99/No. 49504 gazette

[0010]

[Problem to be solved by the invention]

In the method indicated by the patent documents 1, since a liquid will disperse around if a wafer is moved at high speed, there is a fault that the equipment which collects them is required and the very small air bubbles by which it may be generated when an oil level is choppy have an adverse effect on image formation performance. By this method, equipment is considered complicated and to enlarge.

[0011]

Even if the nozzle was turned to this gap by the method indicated by the patent documents 2 on the other hand when the gap of a wafer and a projection optical system was narrow, and it supplied the liquid, the gas remained without the liquid emitted from the nozzle flowing into this gap well, for this reason there was fault that sufficient dipping was not made. The equipment for collecting the liquids which the liquid which does not flow in well collided with the projection lens periphery, escaped outside, and escaped to this circumference was needed, and there was a fault that an exposure device will become large-scale. Even if it can slush a liquid into a narrow gap, the rate of flow of the liquid in which the flow resistance in the inside of this gap is emitted from a nozzle since it is large compared with outside will be dramatically early compared with the rate of flow which flows through a gap. Therefore, the rate of flow of a liquid changes extremely, a flow is confused greatly, and it may be generated by air bubbles in a nozzle tip part and the part where liquid collides with a projection lens periphery. These air bubbles enter between a projection lens and a wafer, and bar the penetration of light, and it can have an adverse effect on the image formation performance as an exposure device.

[0012]

In a method indicated by the patent documents 2, liquids supplied on a wafer whenever it exchanged wafers at least needed to be collected, and a sacrifice fake colander was not obtained for the productivity of equipment for recovery of this liquid. And collecting liquids on a wafer is collecting liquids currently filled by the projection lens undersurface. Therefore, whenever the projection lens undersurface exchanges wafers at least, a part gets wet in droplet, other parts are covered by a film of a thin liquid, and also other parts can be in the state where the open air was touched on directly. And more impurities will exist in environment which encloses a projection lens and a wafer compared with a supplied liquid, and a liquid adhering to the surface under a projection lens will incorporate an impurity contained in the open air. Since the liquid adhering to the projection lens undersurface itself evaporates toward the open air on the other hand, In liquid, it is gradually condensed by an impurity contained in a liquid from the first, and impurity incorporated

out of the open air, and as a result, An impurity sticks to the projection lens surface, cloudy weather is produced, or a liquid may have evaporated and dried thoroughly, an impurity may have remained in the projection lens surface as residue, and cloudy weather may have been produced.

[0013]

The practicality of an exposure device which this invention was made in view of above-mentioned various SUBJECT, and applied an immersion method, and an exposure method is improved, For example, it aims at filling more certainly a gap of a final surface of a projection optical system, and a substrate with a liquid, reducing a possibility that a final surface of a projection optical system will be exposed to atmosphere which surrounds it, simplifying structure of an exposure device and miniaturizing an exposure device, etc.

[0014]

[Means for solving problem]

The 1st side of this invention is provided with the following.

The substrate stage to which start the exposure device which projects the pattern of the original edition on a substrate and transfers it via a projection optical system, this equipment holds a substrate, and it is made to move.

The liquid feed zone which has a liquid feed nozzle, supplies a liquid on the surface of said substrate, and forms liquid membrane on said surface.

See said liquid feed nozzle from the circumference of said projection optical system, and said projection optical system, it is arranged in the 1st direction here, and said liquid feed zone, When said substrate stage moves said substrate toward the 2nd direction that is a counter direction of said 1st direction, it is constituted so that said liquid membrane may spread continuously with movement of said substrate, and a liquid may be continuously supplied on the surface of said substrate through said liquid feed nozzle.

[0015]

As for said liquid feed zone, when said substrate moves, it is preferred according to the suitable embodiment of this invention, to supply a liquid on the surface of said substrate through said liquid feed nozzle so that said liquid may advance into the gap of the final surface of said projection optical system, and said substrate and this gap may be filled with said liquid.

[0016]

As for the exposure device of this invention, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to have further a liquid stripping section which has a liquid recovery nozzle. Said liquid recovery nozzle is seen from the outside of said projection optical system, and said projection optical system, and is arranged in said 2nd direction here, and, as for said liquid stripping section, it is preferred to be constituted so that the liquids which constitute the liquid membrane which spreads with movement of said substrate may be collected through said liquid recovery nozzle.

[0017]

According to the suitable embodiment of this invention, an exposure device of this invention, It is preferred to have further a liquid stripping section which has two or more arranged liquid recovery nozzles so that said projection optical system may be surrounded, and as for said liquid stripping section, it is preferred to collect liquids which constitute liquid membrane formed on said substrate through said all or a part of two or more liquid recovery nozzles.

[0018]

According to the suitable embodiment of this invention, said liquid feed zone, It has two or more liquid feed nozzles arranged in the direction different mutually [ in view of said projection optical system ], When said substrate stage moves said substrate, it is preferred to supply a liquid to the surface of said substrate through a liquid feed nozzle which sees from said projection optical system at least among said two or more liquid feed nozzles, and is located in a counter direction of the move direction of said substrate.

[0019]

According to the suitable embodiment of this invention, said liquid feed zone, It has two or more liquid feed nozzles arranged in the direction different mutually [ in view of said projection optical system ], When said substrate stage moves said substrate, a liquid is supplied to the surface of said substrate through a liquid feed nozzle which sees from said projection optical system at least among said two or more liquid feed nozzles, and is located in a counter direction of the move direction of said substrate, As for said liquid stripping section, it is preferred to collect liquids which constitute liquid membrane formed on said substrate through a liquid recovery nozzle which sees from said projection optical system at least among said two or more liquid recovery nozzles, and is located in the move direction of said substrate.

[0020]

As for said two or more liquid recovery nozzles, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to be arranged at the outside of two or more of said liquid feed nozzles.

[0021]

According to the suitable embodiment of this invention, said liquid feed zone is the same as that of width of a direction which intersects perpendicularly in the move direction of said substrate about exposing light which came out of said projection optical system, or it is preferred to be constituted so that a liquid may be supplied to the surface of said substrate by larger width than it.

[0022]

When width of an exit of said liquid feed nozzle which met [ rate of flow / of a liquid in an exit of said liquid feed nozzle / average / interval / of a final surface of mu and said projection optical system and said substrate ] movement speed of upsilon and said substrate in movement speed of d and said substrate is set to w according to the suitable embodiment of this invention,

$Mu >= d - \upsilon / w$

\*\*\*\*\* -- it is [ like ] preferred that said liquid feed zone controls supply of a liquid.

[0023]

As for said liquid feed zone, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to control a flow of a liquid supplied to said substrate through said liquid feed nozzle based on movement speed of said substrate.

[0024]

According to the suitable embodiment of this invention, a thing equal as substantially as an interval of a final surface of said projection optical system and said wafer stage of an interval of an exit of said liquid feed nozzle and said wafer stage is preferred. Or an interval of an exit of said liquid feed nozzle and said wafer stage may be larger than an interval of a final surface of said projection optical system, and said wafer stage.

[0025]

According to the suitable embodiment of this invention, a thing equal as substantially as an interval of a final surface of said projection optical system and said wafer stage of an interval of an entrance of said liquid recovery nozzle and said wafer stage is preferred. Or an interval of an entrance of said liquid recovery nozzle and said wafer stage may be smaller than an interval of a final surface of said projection optical system, and said wafer stage.

[0026]

According to the suitable embodiment of this invention, said liquid feed nozzle adjoins a final surface of said projection optical system, and is arranged, and an end of said final surface may have linear shape in a portion which said final surface and said liquid feed nozzle adjoin.

[0027]

According to the suitable embodiment of this invention, lay length to which a final surface of said projection optical system intersects perpendicularly in said 1st direction rather than said 1st direction may be constituted for a long time.

[0028]

According to the suitable embodiment of this invention, said liquid recovery nozzle adjoins a final surface of said projection optical system, and is arranged, and an end of said final surface may have linear shape in a portion which said final surface and said liquid recovery nozzle adjoin.

[0029]

According to the suitable embodiment of this invention, a final surface of said projection optical system may have rectangular shape.

[0030]

As for an exposure device of this invention, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred that have further a continuous member which has the opposed face which was continuously prolonged from a final surface of said projection optical system, and countered said substrate stage, and an exit of said liquid feed nozzle is established in said opposed face.

[0031]

According to the suitable embodiment of this invention, an exposure device of this invention, It is preferred that have further a continuous member which has the opposed face which was continuously prolonged from a final surface of said projection optical system, and countered said substrate stage, and an exit of said liquid feed nozzle and an entrance of said liquid recovery nozzle are established in said opposed face.

[0032]

According to the suitable embodiment of this invention, said liquid feed zone may have the closing mechanism for having the nozzle group arranged by 1 or plural lines as said liquid feed nozzle, and controlling individually supply and a stop of a liquid from said nozzle group. Here, as for said closing mechanism, it is preferred to control supply and a stop of a liquid using each nozzle of said nozzle group according to whether said substrate exists directly under each nozzle.

[0033]

The 2nd side of this invention is provided with the following.

A substrate stage to which start an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate and transfers it via a projection optical system, this equipment holds a substrate, and it is made to

move.

Said substrate laid on said substrate stage, and a plate which has a field of substantially equal height. A liquid feed zone which supplies a liquid between a final surface of said projection optical system, said substrate, or said plate.

A liquid stripping section which collects liquids which exist between a final surface of said projection optical system, said substrate, or said plate.

[0034]

As for said plate, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to be arranged so that said substrate laid on said substrate stage may adjoin in part at least.

[0035]

According to the suitable embodiment of this invention, it is preferred that a feed hopper for supplying a liquid on that a suction opening for attracting a liquid on said plate is provided in said plate and/or said plate is provided. Or it is preferred that a channel for supplying a liquid on said plate and attracting a liquid on said plate is carrying out the opening to said plate.

[0036]

As for an exposure device of this invention, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to have further drive mechanism made to move said plate under a final surface of said projection optical system.

[0037]

As for said substrate stage, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to be constituted so that said plate can be driven under a final surface of said projection optical system.

[0038]

The 3rd side of this invention is provided with the following.

A substrate stage to which an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate and transfers it via a projection optical system is started, and a substrate is held and moved. A continuous member which has the liquid touching face which extended continuously from a final surface of said projection optical system.

A liquid feed zone which supplies a liquid through an exit established in said liquid touching face between said final surface and said liquid touching face, and said substrate.

[0039]

According to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to have further a liquid stripping section which collects liquids which exist between said final surface and said liquid touching face, and said substrate.

[0040]

As for said liquid stripping section, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to be constituted so that liquids which exist through an entrance established in said liquid touching face between said final surface and said liquid touching face, and said substrate may be collected.

[0041]

As for said continuous member, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred that it is a part of body tube which supports said projection optical system.

[0042]

As for an exposure device of this invention, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to equip an end of said liquid touching face with a lobe projected to said substrate stage side further.

[0043]

As for an exposure device of this invention, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred for said lobe to let an entrance established in a field which has countered said substrate stage pass, and to have further a liquid stripping section which collects liquids which exist between said final surface and said liquid touching face, and said substrate.

[0044]

The 4th side of this invention is provided with the following.

A substrate stage to which start an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate and transfers it via a projection optical system, this equipment holds a substrate, and it is made to move.

A continuous member prolonged from a final surface of said projection optical system.

A liquid feed zone which supplies a liquid to a gap of said final surface and said substrate through a liquid supply port arranged around said final surface.

A gas diffuser which blows off a gas so that it may be arranged so that a liquid stripping section which collects liquids from a gap of said final surface and said substrate through a liquid collection port arranged around said final surface, and said liquid supply port and said liquid stripping section may be surrounded, and the circumference of said substrate may be covered.

[0045]

As for the exposure device of this invention, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to have further a gas collection port which collects the gases which have been arranged so that the circumference of said diffuser may be surrounded, and blew off from said gas diffuser.

[0046]

Moving a substrate stage, the exposure device concerning the 1st – the 4th side of this invention is constituted as a scanning exposure device which transfers the pattern of said original edition to said substrate, and it deals in it.

[0047]

The exposure device concerning the 1st – the 4th side of this invention is constituted also as an exposure device constituted so that it might start, when moving a substrate, in order to change a shot region for the operation which supplies a liquid to said substrate through said liquid feed nozzle again, and it deals in it.

[0048]

The 5th side of this invention starts the exposure method which projects the pattern of the original edition on a substrate and transfers it via a projection optical system, and this method, A liquid is supplied on the surface of said substrate through the liquid feed nozzle which saw from the circumference of said projection optical system, and said projection optical system, and has been arranged in the 1st direction, and liquid membrane is formed on the surface of said substrate.

Moving said substrate toward the 2nd direction that is a counter direction of said 1st direction, a liquid is

continuously supplied on the surface of said substrate through said feeding nozzle so that said liquid membrane may spread continuously with movement of said substrate.

[0049]

According to the suitable embodiment of this invention, while moving said substrate, an exposure method of this invention is enforced as a method of transferring by slit light to said substrate, and deals in a pattern of said original edition.

[0050]

According to the suitable embodiment of this invention, an exposure method of this invention is enforced again also as a method of carrying out formation of said liquid membrane among said two or more transfers in advance of transfer of a pattern of said original edition to said substrate, and it deals in it.

[0051]

The 6th side of this invention is provided with the following.

A transfer process which transfers a pattern of said original edition to said substrate after it started an exposure method which projects a pattern of the original edition on a substrate on a substrate stage, and transfers it via a projection optical system and this method has filled a liquid between a final surface of said projection optical system, and said substrate.

A transfer process which moves a plate under said final surface where a liquid is filled under a final surface of said projection optical system.

[0052]

As for an exposure method of this invention, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to include further an extraction process of taking out said substrate from on said substrate stage after said transfer process in the state where said plate is located under a final surface of said projection optical system. As for an exposure method of this invention, it is preferred to include further a process of laying a substrate new on said substrate stage after said extraction process.

[0053]

A substrate stage which the 7th side of this invention is an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate via a projection optical system, and holds said substrate and to which it is made to move, Have a nozzle which counters said substrate on said substrate stage, have a liquid feed zone which supplies a liquid on said substrate, and by movement of said substrate by said substrate stage, and liquid supply of a up to [ said substrate by said liquid feed zone ]. It is the exposure device constituting so that liquid membrane may be formed between said projection optical system and said substrate.

[0054]

As for an exposure device of this invention, according to the suitable embodiment of this invention, it is preferred to have a counter member which counters with said substrate and is arranged so that a liquid supplied by said liquid feed zone may form liquid membrane of uniform thickness substantially.

[0055]

A substrate stage which the 8th side of this invention is an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate via a projection optical system, and holds said substrate and to which it is made to move, It is an exposure device provided with a liquid membrane formation part which forms liquid membrane between said projection optical system and said substrate on said substrate stage, and a plate

which maintains liquid membrane formed of said liquid membrane formation part instead of said substrate.

[0056]

A substrate stage which the 9th side of this invention is an exposure device which projects a pattern of the original edition on a substrate via a projection optical system, and holds said substrate and to which it is made to move, It is an exposure device provided with a liquid feed zone which supplies a liquid to a gap of said projection optical system and said substrate on said substrate stage, a liquid stripping section which collects liquids from said gap, and a gas blow-off part which blows off a gas to said substrate so that said gap may be surrounded.

[0057]

While supplying a liquid on said substrate by the liquid feed zone which the 10th side of this invention is an exposure method which projects the pattern of the original edition on a substrate via a projection optical system, and has a nozzle which counters said substrate on a substrate stage, By moving said substrate by said substrate stage, it is an exposure method having the process of forming liquid membrane between said projection optical system and said substrate.

[0058]

The liquid membrane formation process which the 11th side of this invention is an exposure method which projects the pattern of the original edition on a substrate via a projection optical system, and forms liquid membrane between said projection optical system and said substrate, It is an exposure method having a replacing process which replaces said substrate by a plate, maintaining the liquid membrane formed in said liquid membrane formation process.

[0059]

The 12th side of this invention is a device manufacturing method manufacturing a device using the above 7th thru/or any one exposure device of the 9th side.

[0060]

[Mode for carrying out the invention]

The exposure device of this invention is useful to all the exposure methods and exposure devices with which the immersion method which fills between a projection optical system and a substrate (for example, wafer) with a liquid is applied, for example using ultraviolet radiation as exposing light. The exposure device which carries out scan exposure of the pattern of this original edition by slit light is contained in such an exposure device by this substrate, carrying out the synchronous scan of an exposure device, and the substrate and the original edition which carry out projection transfer of the pattern of the original edition at this substrate, and it sells at the state where the substrate was made to stand it still to it, for example.

[0061]

Hereafter, a suitable embodiment of this invention is described in illustration. Drawing 1 is a figure showing composition of a suitable embodiment of this invention roughly. The illumination-light study system 2 is provided with light ejected from an exposure light source (un-illustrating) of an ArF excimer laser, F<sub>2</sub> laser, etc. in drawing 1. The illumination-light study system 2 illuminates a part of reticle (original edition) 1 by slit light (light which has the sectional shape which passed a slit) using light provided from an exposure light source. While illuminating the reticle 1 by slit light, and one side synchronizes with another side, scanning movement of the reticle stage (original plate stage) 3 holding the reticle 1 and the wafer stage (substrate

stage) 10 holding the wafer (substrate) 9 is carried out. It lets such a synchronous scan pass, the whole pattern on the reticle 1 carries out image formation continuously on the wafer 9 via the projection optical system 4 as a result, and a resist applied to the wafer 9 surface is exposed.

[0062]

A two-dimensional position of the reticle stage 3 or the wafer stage 10 is measured by real time with the reference mirror 11 and the laser interferometer 12. Based on this measurement value, the stage control apparatus 13 performs the reticle 1 (reticle stage 3), positioning of the wafer 9 (wafer stage 10), and synchronous control. A drive adjusted, changed or controlled is built in the wafer stage 10, and a position of a sliding direction (the perpendicular direction) of the wafer 9, a hand of cut, and inclination at the time of exposure. The wafer stage 10 is controlled so that an exposure region on the wafer 9 always agrees with high precision in a focal plane of the projection optical system 4 with this drive. Here, a position (a sliding direction position and inclination) of a field on the wafer 9 is measured by an optical unillustrated focus sensor, and the stage control apparatus 13 is provided with it.

[0063]

A main part of an exposure device is installed into an unillustrated environmental chamber, and environment which surrounds a main part of an exposure device is maintained at a predetermined temperature. Air conditioning by which temperature control was carried out still more nearly individually is blown into the reticle stage 3, the wafer stage 10, space that surrounds the interferometer 12, and space which surrounds the projection lens 4, and environmental temperature is maintained still with high precision.

[0064]

According to this embodiment, an immersion method which fills space or a gap between the projection optical system 4 and the wafer 9 with a liquid is realized by the liquid feed nozzle 5 arranged the upper part of the wafer 9, and near the projection optical system 4, and the liquid recovery nozzle 6 arranged on both sides of the projection optical system 4 in an opposite hand of the liquid feed nozzle 5.

[0065]

Hereafter, the immersion method enforced in this embodiment is explained in detail. During exposure, it is the upstream of the direction which scans the wafer 9, and the liquid feed nozzle 5 is arranged near the projection optical system 4. Here, when the upstream of a scanning direction explains the case where a wafer is moved leftward (the 2nd direction) toward the left from the right, for example, it is right-hand side which is the counter direction (the 1st direction). That is, when an arrow shows a scanning direction (the 2nd direction), the direction of the starting point side of an arrow (the 1st direction) is the upstream. On both sides of the projection optical system 4, the liquid recovery nozzle 6 is arranged in the opposite hand (namely, downstream of a scanning direction) of the liquid feed nozzle 5.

[0066]

The liquid feed nozzle 5 is connected with the liquid feeder 7 via the feed pipe 16, and the liquid recovery nozzle 6 is similarly connected with the liquid recovery system 8 via the collection pipe 17. The liquid feeder 7 may contain the tank which collects a liquid, the feeding device which sends out a liquid, and the flow control device which controls the supply flow rate of a liquid, for example. It is preferred that the temperature controller for controlling the supply temperature of a liquid is further included in the liquid feeder 7. The liquid recovery system 8 may contain the flow control device for controlling the recovery flow

rate of the tank which collects the collected liquid temporarily, for example, the suction unit which sucks up a liquid, and a liquid. The dipping control device 18 gives control commands, such as a start of dipping, a stop, a flow, further to the liquid feeder 7 and the liquid recovery system 8 based on these information in response to information, including the current position of the wafer stage 10, speed, acceleration, a target position, and the move direction, from the stage control apparatus 13.

[0067]

To choose the liquid for dipping from what has few absorption of exposing light, and also to have a refractive index almost comparable as refractive-media optical elements, such as quartz and fluorite, is desired. Specifically as a liquid for dipping, pure water, function water, fluoridation liquid (for example, fluorocarbon), etc. are hung up as a candidate. The liquid for dipping has that preferred by which dissolved gas was fully beforehand removed using the deaerator. This is because it is immediately absorbable in a liquid even if generating of air bubbles is controlled and it is generated by air bubbles. being aimed at nitrogen and oxygen which are contained mostly for example, in an environmental gas -- a liquid -- dissolved -- if not less than 80% of possible gas volume is removed, generating of air bubbles can fully be controlled. Of course, an exposure device is equipped with an unillustrated deaerator, and a liquid may be supplied to the liquid feeder 7, always removing the dissolved gas in a liquid. The vacuum degassing apparatus which separates the film of gas permeation nature, pours a liquid to one side as a deaerator, for example, makes another side a vacuum, and drives out the dissolved gas in a liquid in a vacuum via the film is preferred.

[0068]

Next, the process with which liquid is filled between the projection optical system 4 and the wafer 9 is explained; referring to drawing 2.

[0069]

First, liquid membrane sufficient by supplying the liquid f, for example in the amount of about 1 steady flow, and making the undersurface of the liquid feed nozzle 5 and the upper surface of the wafer 9 stick a liquid on the wafer 9 from the liquid feed nozzle 5, [ a state or the state where it is moving ] the wafer 9 has stood it still is formed (drawing 2 (a)).

[0070]

Next, start movement of the wafer 9 or it is made to move further, continuing supplying a liquid from the feeding nozzle 5, and liquid membrane is drawn up to the projection optical system 4 undersurface using movement of the wafer 9, without making liquid membrane formed by (drawing 2 (a)) break off (drawing 2 (b), drawing 2 (c)).

[0071]

If the wafer 9 moves further and results in an exposure start position, scan exposure by slit light will be started (drawing 2 (d)). During slit exposure, supplying a liquid from the feeding nozzle 5 is continued like drawing 2 (c), and it is [ as opposed to / further / the projection optical system 4 ] the downstream (in drawing 2) of scanning direction S. By collecting liquids which flow out from left-hand side by the recovery nozzle 6, between the wafer 9 and the projection optical systems 4 is stabilized, and it is filled with liquid (drawing 2 (d)).

[0072]

If the wafer 9 moves further and results in an exposure completion position, exposure by slit light will be

completed (e). After exposure by slit light is completed, the liquid recovery nozzle 9 recovers a liquid which remained on the wafer 9, suspending supply of a liquid from the liquid feed nozzle 5 (drawing 2 (e)), and moving the wafer 9 to scanning direction S (drawing 2 (f), drawing 2 (g)).

[0073]

As mentioned above, according to a method of supplying a liquid continuously on the surface of the wafer 9, a gap of a final surface of the projection optical system 4 and the wafer 9 can be filled with continuous liquid membrane (liquid membrane which does not break off), moving the wafer 9 so that liquid membrane may spread with movement of the wafer 9. And according to such a method, it compares with a method indicated to the patent documents 2 which turn a nozzle to a gap of the projection optical system 4 and the wafer 9, and supply a liquid to this gap. When a gap of a projection optical system and a wafer is small, liquid membrane can be certainly formed in the gap, and moreover, air bubbles in the liquid membrane which may exist can be reduced. According to such a method, since relative velocity to a wafer is slow, liquid membrane is certainly collected through the liquid recovery nozzle 6, and it deals in it. Therefore, scattering of a liquid to the exterior is prevented effectively and gets.

[0074]

A sequence of above supply and recovery of a liquid may be carried out for every (every one transfer of a reticle image) exposure shot field, and all or some of exposure shot fields on a wafer may be carried out as one unit. In the case of the latter, supply and recovery of a liquid may be carried out at the time of step moving of a wafer between exposure shot fields, and supply and recovery of a liquid may be suspended at the time of step moving.

[0075]

The above dipping is applicable also to exposure devices (what is called a stepper etc.) exposed in the state where a wafer was made to stand it still. In this case, what is necessary is just to control supply and recovery of a liquid to extend liquid membrane between an exposure shot field which should be exposed next, and the undersurface of the projection optical system 4, for example, when carrying out step moving of the wafer between exposure shot fields.

[0076]

Next, a suitable example of concrete composition of the liquid feed nozzle 5 and the liquid recovery nozzle 6 and arrangement is explained, referring to drawing 3 – drawing 7.

[0077]

Drawing 3 is the top view which cut and overlooked an exposure device of drawing 1 from the wafer 9 in the upper part. It faces across 4 s of final surfaces of the projection optical system 4, and the liquid feed nozzle 5 is arranged at the upstream (seeing from the projection optical system 4 the direction of -X) of the move direction S of the wafer 9 (seeing from the projection optical system 4 the direction of +X), and the liquid recovery nozzle 6 is arranged at the downstream (seeing from the projection optical system 4 the direction of +X). When an exposure device is a scanner (scanning exposure device), making it the same as a scanning direction of a wafer at the time of exposure is stabilized as for the move direction of a wafer and it forms liquid membrane, it is desirable.

[0078]

As for the liquid feed nozzle 5, being arranged is preferred so that the undersurface (lower end) may become

high a little rather than the almost same height as 4 s of final surfaces (undersurface) of the projection optical system 4, or it, and by this. While a liquid sticks to a final surface of the projection lens 4 enough, eliminating an air layer, it can move with a wafer, and mixing of air bubbles to liquid membrane can be prevented.

[0079]

As for the liquid recovery nozzle 6, it is preferred to be arranged so that the undersurface (lower end) may become low a little rather than the almost same height as 4 s of final surfaces (undersurface) of the projection optical system 4 or it, a liquid takes by this — spilling (be thoroughly unrecoverable) — a liquid on a wafer is efficiently recoverable, preventing.

[0080]

It is the same as the length  $L_e$  of a field along which exposing light flux passes at least, or a long time is more preferred than it, the president of a university  $L_1$  of an exit which carries out the regurgitation of the liquid of the liquid feed nozzle 5 is the same as width of 4 s of final surfaces of the projection optical system 4, or his long time is still more preferred than it. It is the same as the length  $L_1$  of a liquid discharge port of the liquid feed nozzle 5, or a long time is more preferred than it, the length  $L_2$  of the liquid recovery nozzle 6 is the same as width of 4 s of projection optical system final surfaces, or its long time is still more preferred than it.

[0081]

As for the flow  $V$  of a liquid supplied to space (dipping space) between the wafer 9 and the undersurface of the projection optical system 4 from the feeding nozzle 5, determining according to a formula (1) is desirable.

[0082]

$V >= L_1$  and  $d - \text{upsilon} \dots$  A formula (1)

Here,  $d$  is an interval of a portion which fills liquid between a wafer and a projection optical system final surface (undersurface).  $\text{upsilon}$  is the movement speed of a wafer at the time of dipping, and scanning speed of a wafer is applied at the time of scan exposure.

[0083]

The flow  $V$  of the liquid supplied to dipping space from the liquid feed nozzle 5 is shown by the formula (2) when mean velocity of the liquid in the liquid discharge port of the feeding nozzle 5 is set to  $\mu$ .

[0084]

$V = L_1$  and  $w - \mu \dots$  Formula (2)

Here,  $w$  is the width of a liquid discharge port. A formula (3) is drawn from a formula (1) and a formula (2).

[0085]

$\mu >= d - \text{upsilon} / w \dots$  Formula (3)

Namely, the mean velocity (namely, supply flow rate per delivery unit area) of a liquid [ in / more generally / the liquid discharge port of the feeding nozzle 5 ], What is necessary is just to determine the flow of the liquid to supply so that it may consist [ whether it is equal to the interval  $d$  of the gap of 4 s of projection optical system final surfaces, and the wafer 9, and the value which \*\*(ed) the product with the movement speed  $\text{upsilon}$  of the wafer stage 10 by the width  $w$  of the delivery, and ] of it. Here, if  $w$  is defined strictly, it will become the minimum of the width of a liquid discharge port which met in the move direction of the wafer 9 in the corresponding liquid feed nozzle 5.

[0086]

In order to make it possible to start exposure from the end of a wafer, before the end of a wafer arrives at an exposure region (field where exposing light is irradiated), it is necessary to grow up liquid membrane enough under 4 s of final surfaces (undersurface) of the projection optical system 4. So, in the example of composition shown in drawing 3, it makes it possible to form liquid membrane in the outside of the wafer 9 also in the field of the outside of the wafer 9 by forming the face plate (plate) 19 of the almost same height as the wafer 9.

[0087]

Drawing 4 is a figure showing the 2nd example of composition about composition and arrangement of the liquid feed nozzle 5 and the liquid recovery nozzle 6. The 2nd example of composition shown in drawing 4 differs from the 1st example of composition shown in drawing 3 with a point that a mouth of the liquid feed nozzle 5 and the liquid recovery nozzle 6 is provided in a field (opposed face which counters a wafer stage or a wafer) of the continuous members 20a and 20b.

[0088]

The bottom (opposed face) of the continuous members 20a and 20b is the almost same height as 4 s of projection optical system final surfaces. A peripheral edge of 4 s of projection optical system final surfaces is arranged so that it may be close with an outer peripheral part of a body tube of the projection optical system 4. According to such composition, an interval of the wafer 9 and the bottom of the liquid feed nozzle 5, An interval of the wafer 9 and the bottom of the liquid recovery nozzle 6 and an interval of the wafer 9 and 4 s of projection optical system final surfaces can be made almost the same, and the bottom of the liquid feed nozzle 5, 4 s of projection optical system final surfaces, and the bottom of the liquid recovery nozzle 6 can be further constituted as a continuous field.

[0089]

Composition which has arranged each nozzles 5 and 6 in a field which continued from 4 s of projection optical system final surfaces has the following advantages. A liquid supplied from the liquid feed nozzle 5 is stuck to the bottom and the wafer 9 of the continuous member 20a in which the liquid feed nozzle 5 carried out the opening, and forms liquid membrane. This liquid membrane progresses toward 4 s of projection optical system final surfaces continuously connected to the bottom of the continuous member 20a with the wafer 9. Therefore, this liquid membrane can advance into 4 s of final surfaces of the projection optical system 4, and also the bottom of the continuous member 20b smoothly. Thus, 4 s of projection optical system final surfaces and the continuous members 20a and 20b which followed it make it possible to fill almost the whole surface of a gap of them and the wafer 9 with a liquid.

[0090]

Since liquid membrane moves with the wafer 9 while the upper surface and undersurface always stick with a flat surface, contact with environment (gas) which surrounds liquid membrane serves as only the side of liquid membrane substantially. therefore, a touch area of liquid membrane and a gas is small, and also in order to flow through a gap of about 1 law, there is little speed change, disorder does not take place to a flow easily, and air bubbles do not generate liquid membrane easily in liquid membrane. Since this reduces the dissolution of a gas to inside of a liquid, it can control originating in temperature or local pressure variation and being generated by very small air bubbles in liquid membrane.

[0091]

As long as the bottom (undersurface) is following 4 s of final surfaces (undersurface) of the projection optical system 4, the continuous members 20a and 20b may be form of sheet, may be block form and may have other form. The continuous members 20a and 20b may be constituted as a portion united with the bottom of the nozzles 5 and 6, and/or the bottom of a body tube of the projection optical system 4.

[0092]

Drawing 5 is a figure showing the 3rd example of composition about composition and arrangement of the liquid feed nozzle 5 and the liquid recovery nozzle 6. The 3rd example of composition shown in drawing 5 is a point which has stationed both sides of the liquid feed nozzle 5 (5a, 5b) and the liquid recovery nozzle 6 (6a, 6b) on both sides across 4 s of projection optical system final surfaces, and differs from the 2nd example of composition shown in drawing 4.

[0093]

The liquid feed nozzles 5a and 5b are arranged so that the projection optical system 4 may be relatively inserted into a position near 4 s of final surfaces of the projection optical system 4, and the liquid recovery nozzles 6a and 6b are arranged relatively at the outside of the position 5a and 5b far from 4 s of final surfaces of the projection optical system 4, i.e., liquid feed nozzles, and they deal in them.

[0094]

When the wafer 9 is moving in the direction of +X of an arrow shown in drawing 5, a liquid is supplied to a gap of the wafer 9 and 4 s of final surfaces from the liquid feed nozzle 5a, and supply from the liquid feed nozzle 5b stops. At this time, by the liquid recovery nozzle 6b, almost all liquids are collected and it deals in them. However, a liquid may flow also into a counter direction depending on a flow of a liquid supplied from the liquid feed nozzle 5a. Then, scattering and \*\*\*\*\* of a liquid can be prevented by operating the liquid recovery nozzle 6a besides the liquid recovery nozzle 6b, and collecting liquid which flows into an opposite direction. When such an effect is taken into consideration, as for a liquid recovery nozzle, being arranged at the perimeter is preferred so that the circumference of 4 s of projection optical system final surfaces may be surrounded, and when a liquid is supplied from a liquid feed nozzle, it is preferred [ a recovery nozzle ] to always operate a liquid recovery nozzle.

[0095]

On the other hand, when the wafer 9 is moving in the direction of -X of an arrow shown in drawing 5, contrary to the above, from the liquid feed nozzle 5b, a liquid is supplied and supply of a liquid from 5a stops. Thereby, it cannot be concerned with right reverse of the move direction of a wafer, but a gap of the wafer 9 and 4 s of projection lens final surfaces can always be filled with a liquid. Also when reversing the move direction of a wafer by changing supply of a liquid from both nozzles 5a and 5b, a gap of the wafer 9 and 4 s of projection lens final surfaces can be filled with a liquid, without making liquid membrane break off (\*\* into which liquid membrane is not made to divide).

[0096]

Form of 4 s of projection lens final surfaces does not need to be circular. For example, the liquid feed nozzles 5a and 5b and the liquid recovery nozzles 6a and 6b can be brought more close to an optical path of exposing light flux by making into a straight line a portion which faces a nozzle, for example, making it a straw-bag form like drawing 5. Thereby, move \*\*\*\* of time required in order to fill a liquid, or a wafer can be

lessened. Especially in the case of a scanner, light flux of sectional shape with exposing light flux long in a direction which intersects perpendicularly with a scanning direction short in a scanning direction also in 4 s of projection lens final surfaces which are slit shape on a wafer surface and approach it is used. Then, according to sectional shape of such light flux, form of a final surface of the projection optical system 4 can be made into form of a straw-bag type with narrow width of a scanning direction, etc. Of course, form of a final surface of a projection optical system is not restricted to a straw-bag type, and can be made into various form, such as a rectangle and form of an annulus ring arc (some annulus rings).

[0097]

Drawing 6 is a figure showing the 4th example of composition about composition and arrangement of a liquid feed nozzle and a liquid recovery nozzle. In the 4th example of composition shown in drawing 6, the liquid feed nozzles 5a-5d were formed in four sides of circumferences which enclose 4 s of projection optical system final surfaces, respectively, and further, the liquid recovery nozzles 6a-6d are provided so that those peripheries may be surrounded. When a liquid is supplied and a wafer moves in the direction of arrow-X from the liquid feed nozzle 5a provided in the upstream in this wafer move direction when a wafer moved in the direction of figure Nakaya seal +X, a liquid is supplied from the liquid feed nozzle 5b. When a wafer moves in the direction of arrow +Y, a liquid is supplied from the feeding nozzle 5c, and when a wafer moves in the direction of arrow-Y, a liquid is supplied from 5d of liquid feed nozzles.

[0098]

Since most is performed by liquid recovery nozzle arranged at the downstream in the move direction of a wafer, recovery of a liquid may be the composition of operating only the target recovery nozzle. However, in preparation for unexpected situations, such as malfunction, a direction where the liquid recovery nozzles 6a-6c operated all four [ these ] simultaneously while supplying a liquid at least can prevent scattering and \*\*\*\*\* of a liquid more certainly. Of course, instead of arranging two or more liquid recovery nozzles, one liquid recovery nozzle covering the perimeter may be arranged so that the circumference of 4 s of projection optical system final surfaces may be surrounded. What is necessary is just to determine a flow of a liquid supplied from the liquid feed nozzles 6a-6c according to a formula (3). According to the above composition, the move direction of a wafer is not restricted in X and the direction of Y, but maintenance of liquid membrane of it is attained also in movement to an oblique direction.

[0099]

Thus, arrange two or more liquid feed nozzles so that 4 s of projection optical system final surfaces may be surrounded, and also at the time of wafer movement. So that a liquid may be supplied from a liquid feed nozzle arranged in the upper stream (seeing from a projection optical system opposite hand of the move direction) in the move direction. By changing a liquid feed nozzle used for supply, it becomes possible not to depend in the move direction of a wafer but to always fill a gap of 4 s of projection optical system final surfaces, and a wafer with a liquid. As a result, when changing the move direction of under step moving not only under scan exposure but in a wafer surface, or a wafer, between the wafer 9 and 4 s of projection lens final surfaces can be filled with a liquid, without making liquid membrane always break off. Thereby, it becomes possible to break off liquid membrane and to always fill a gap of 4 s of projection optical system final surfaces, and the wafer 9 with a liquid without last thing until exposure of an entire wafer surface is completed from an exposure start in one wafer. As a result, it becomes unnecessary to form liquid

membrane for every shot, and the productivity of an exposure device improves substantially.

[0100]

Drawing 7 is a figure showing the 5th example of composition about the composition and arrangement of a liquid feed nozzle and a liquid recovery nozzle. In this example of composition, the liquid feed nozzles 5a-5h and the liquid recovery nozzles 6a-6h are arranged in on the circumference so that the periphery of 4 s of projection optical system final surfaces may be surrounded. A liquid feed nozzle is arranged inside a liquid recovery nozzle. Thus, also in the case where the wafer stage 10 moves aslant by arranging each nozzle on the circumference, A liquid is supplied from the liquid feed nozzle almost corresponding to the upper stream in the move direction, and it becomes possible to fill the gap of a projection optical system final surface and a wafer with a liquid by collecting liquids from the liquid recovery nozzle located in the move direction lower stream at least.

[0101]

For example, what is necessary is to supply a liquid from the liquid feed nozzles 5b and 5c at least, and just to control each nozzle to collect liquids from the liquid recovery nozzles 6f and 6g at least, when moving 45 degrees across +X and the direction of +Y, as a wafer shows [ an arrow ]. Thus, it becomes possible by arranging each nozzle on the circumference to form liquid membrane more flexibly corresponding to the various move directions of a wafer. Although two or more divided liquid recovery nozzles are shown by drawing 7, The same with having explained the 4th example of composition, in preparation for unexpected situations, such as malfunction, while supplying the liquid for liquid recovery nozzles [ 6a-6h ] all at least, the direction operated simultaneously can prevent scattering and \*\*\*\*\* of a liquid more certainly. Of course, instead of arranging two or more liquid recovery nozzles, one liquid recovery nozzle covering the perimeter may be arranged so that the circumference of 4 s of projection optical system final surfaces may be surrounded.

[0102]

The state where a gap of a wafer and 4 s of projection lens final surfaces is not filled with a liquid, and how to fill a liquid are imperfect, and when a gas still exists in a gap, as explained until now, it is preferred to supply a liquid from the upstream of the move direction of a wafer. However, after a gap of the wafer 9 and 4 s of projection lens final surfaces is thoroughly filled with a liquid, a liquid may be supplied from all the liquid feed nozzles irrespective of the move direction of a wafer. In this case, a flow and a recovery flow rate of a liquid to supply increase, since it becomes unnecessary to change a feeding nozzle frequently while there is a fault to which a running cost becomes high, time which a change takes is lost and the productivity of an exposure device improves. A drive which changes a feeding nozzle at high speed becomes unnecessary, and also there is also an advantage that a liquid feeder can be miniaturized. Control of such supply of a liquid cannot be restricted to an example of composition shown in drawing 7, but can be applied also to composition of a nozzle shown in drawing 5 and drawing 6, and can acquire same effect also in this case.

[0103]

What is necessary is just to determine with the application of a formula (3) to each liquid feed nozzle fundamentally about a flow of a liquid supplied from a liquid feed nozzle in an example of composition shown in drawing 7, respectively. This can be simplified and a liquid of the same flow can be uniformly supplied from

all the liquid feed nozzles. In this case, what is necessary is not to depend in the move direction of a wafer, but to make width of a liquid supply port into constant value  $w'$ , and just to determine total-flow  $V'$  according to a formula (4), since form of a delivery of a liquid feed nozzle is arranged in the shape of \*\* around the center of exposing light flux in an example of composition shown in drawing 7.

[0104]

$V' = \pi \cdot D \cdot d \cdot \text{upsilon}$  .... A formula (4)

Here, as for a circular constant and  $D$ , an interval of a wafer and a projection optical system final surface and  $\text{upsilon}$  of an average diameter of a delivery and  $d$  are [  $\pi$  ] the movement speed of a wafer at the time of dipping.

[0105]

Next, other suitable embodiments of this invention are described, referring to drawing 8 and drawing 9.

Drawing 8 is the top view which looked at the wafer stage 10 from the upper part of each nozzle provided on 4 s of projection optical system final surface, and the outskirts of it. According to the original visual curve-fitting method, since it is provided so that the wafer 9 may be countered, it should be expressed with a top view seen from the upper part by hidden line (dashed line), but in order to make it intelligible, a solid line is expressing a diffuser of each nozzles 5 and 6.

[0106]

The wafer 9 by which wafer stage top 10 was adsorbed is adjoined, and the plate 21 is formed. The plate 21 is arranged so that it may become the height as the upper surface of the wafer 9 fixed by vacuum absorption etc. on the wafer stage 10 in which the upper surface is almost the same. When the plate 21 is located directly under 4 s of projection optical system final surfaces, the unillustrated wafer conveying machine is arranged so that the wafers 9 may be collected from on the wafer stage 10 and the wafer 9 can be laid on the wafer stage 10.

[0107]

The process of this embodiment is explained referring to drawing 9. Drawing 9 shows the action of each part to process order using the cross-sectional view of the principal part of drawing 8.

[0108]

During exposure, a gap of the wafer 9 and 4 s of projection optical system final surfaces is maintained by the state where it was always filled with a liquid, a liquid being supplied from the liquid feed nozzle 5 if needed, and a liquid being recovered by the liquid recovery nozzle 6 (drawing 9 (a)). When a series of exposure to the one wafer 9 is completed, the plate 21 contiguous to the wafer 9 moves in the wafer stage 10 so that it may be located directly under 4 s of projection optical system final surfaces (drawing 9 (b)). In the bottom of 4 s of projection optical system final surfaces, also in the state where it was located under 4 s of projection optical system final surfaces, the plate 21 is always filled with a liquid by supplying a liquid from the liquid feed nozzle 5, when moving in the wafer stage 10, and continuing collecting liquids from the liquid recovery nozzle 6. Next, the exposed wafers 9 adsorbed and fixed on the wafer stage 10 are collected from the wafer stage 10 to an unillustrated wafer storage part, maintaining this state. New wafer 9' is laid on the wafer stage 10, and is made to adsorb and fix (drawing 9 (c)).

[0109]

And a liquid is supplied from the liquid feed nozzle 5, while the liquid recovery nozzle 6 recovers a liquid, it

moves in the wafer stage 10, and wafer 9' is sent in directly under 4 s of projection optical system final surfaces, always continuing filling a liquid under 4 s of projection optical system final surfaces (drawing 9 (d)).  
[0110]

Thus, most liquids on a wafer are recoverable by moving the plate 21 to an exposure position, continuing supply and recovery of a liquid after exposure completion. Therefore, without carrying out collecting operation of a special liquid, since a wafer is smoothly exchangeable, the productivity of an exposure device can be raised. Since 4 s of projection optical system final surfaces are not concerned with exchange of a wafer but are always fulfilled by a liquid, an impurity contained in an environmental atmosphere does not touch 4 s of projection optical system final surfaces directly. And since a contact portion of a liquid and air is stopped to the minimum, quantity of an impurity incorporated into a liquid can stop to the minimum.

Therefore, cloudy weather of 4 s of projection optical system final surfaces by an impurity can be controlled.

[0111]

On the contrary, when liquids are collected to a degree of wafer exchange, the surface of 4 s of projection optical system final surfaces is placed by the state where thin liquid membrane was attached temporarily. When a mineral constituent by which a liquid is contained in environment in the case of pure water etc., and an organic component of hydrophilic nature are easy to be taken in in a film of pure water and pure water evaporates, a possibility that a mineral constituent and an organic component will remain on the surface of a projection optical system, and will cause cloudy is dramatically high.

[0112]

As shown in drawing 9 (b) and (c), in the midst of exchanging a wafer on the wafer stage 10, are in the state where liquid membrane is maintained between 4 s of projection optical system final surfaces, and the plate 21, but. It means that liquid membrane had received exposing light just before this in contact with the sensitizing agent surface applied on a wafer. When a sensitizing agent is exposed, an ingredient contained in a sensitizing agent to some extent will be a gaseous substance, and will be emitted, and this gaseous substance will melt into liquid membrane which is in contact with that upper surface.

[0113]

It is better to fully replace liquid membrane by a new liquid even before the next exposure start, since it will be polluted [ in which this gaseous substance melted into liquid membrane immediately after exposure ]. Otherwise, transmissivity in liquid membrane may change with the melted impurities, it may have an adverse effect on light exposure control, and fault which worsens the productivity of exposure devices, such as increase of line width variation, may arise. There is also concern which a melted impurity will be in a state of supersaturation, and generates as air bubbles, and poor image formation produces. An impurity which melted into liquid membrane may trigger a chemical reaction by exposing light, and it may cause cloudy weather of a projection optical system final surface. So, below, such a problem and its solution are considered.

[0114]

A continuously new liquid is supplied from the liquid feed nozzle 5, and if it is in a state currently continuously collected from the liquid recovery nozzle 6, though substitution speed is slow, liquid membrane will be once replaced by the new liquid. Therefore, in the wafer 9 or plate 21 top, it is thought that purity of liquid membrane sufficient only by just supply and recovery by the nozzles 5 and 6 for the next exposure may be raised. Purity of liquid membrane is further improvable by enlarging immediately after exposing a flow

of supply and recovery, and returning to the original flow just before exposure. In this case, the wafer 9 and the plate 21 are moved with change of a flow, and, in a direction which also changed movement speed of the wafer 9 and the plate 21 according to a changing amount of a flow further, substitution speed of liquid membrane increases. If supply and recovery of a liquid are performed making the wafer 9 or the plate 21 go, come back to or rotate, since liquid membrane can be replaced continuously, it is still better.

[0115]

this -- it may enable it to change an interval which may obtain and may carry out a change in a supply flow rate [ like ] and a recovery flow rate for every shot region, which may be carried out and may be carried out for every wafer and which is carried out and is carried out if needed, and timing. However, since outgas is emitted also in the state where it has not exposed, on a sensitizing agent, contamination may advance only by liquid membrane contacting, and construction material of a sensitizing agent to be used also has a thing which has dramatically large outgas to a still more nearly required light exposure. Therefore, liquid membrane may be easy to be polluted beyond anticipation.

[0116]

Then, the liquid suction opening 22 may be formed in suitable positions, such as a center of the plate 21, like drawing 8 as an option which replaces liquid membrane under a projection optical system final surface by a new liquid more positively. Suction units, such as an unillustrated suction pump and a cylinder, are connected to this suction opening 22, and a gas and a liquid can be attracted. That is, only the same flow as quantity attracted from the suction opening 22 at least increases a flow of a liquid supplied from the liquid feed nozzle 5 at the same time it collects liquids from the suction opening 22 where the plate 21 is sent in directly under 4 s of projection optical system final surfaces as shown in drawing 10. By this most liquid membrane under a projection optical system final surface. It will have a flow which tends toward the suction opening 22 of a center instead of an outer peripheral direction (liquid recovery nozzle 6 direction), and an always new liquid can continue (drawing 10 (b), drawing 10 (c)) replacing this liquid membrane also in the state where the plate 21 is standing it still.

[0117]

By the above composition, substitution speed of a liquid under a projection optical system final surface improves by leaps and bounds. Since liquid membrane is replaced on the plate 21 which can apply construction material which is easy to maintain cleanliness that it is hard to be polluted chemically, such as not a sensitizing agent top with concern of contamination but stainless steel, and a fluoro-resin, a gap under a projection optical system final surface can be filled with a liquid with dramatically high purity. Therefore, influence of cloudy weather etc. which an impurity gas ingredient generated from an impurity which exists during the open air, or the sensitizing agent surface gives to a projection optical system final surface can be suppressed still more effectively.

[0118]

Substitution of liquid membrane on the plate 21 as shown in drawing 9 and drawing 10 is not limited at the time of wafer exchange, and can be carried out irrespective of a commuter's ticket and stage amphiboles in an exposure sequence of a series of one wafer if needed.

[0119]

In an example of composition shown in drawing 9 and drawing 10, when forming the plate 21 on a wafer stage

and delivering a wafer between a wafer stage and an unillustrated wafer conveying machine, the plate 21 is located directly under 4 s of projection optical system final surfaces. [ however, / when performing various work required before and after exposure when the plate 21 performs an alignment measurement step under an off-axis microscope which is not illustrated / which is carried out before exposure /, for example, and various work required for maintenance and management of an exposure device ], It may be constituted so that it may be located directly under a projection optical system final surface. Here, in two or more wafer stage positions, directly under a projection optical system final surface, when the plate 21 and the suction opening 22 are required, two or more plates and suction openings may be arranged on a wafer stage. Of course, like the face plate 19 shown by drawing 3, a plate may be arranged so that a wafer may be surrounded, and two or more suction openings may be provided in this plate according to a position of a projection optical system final surface at the time of performing various processes.

[0120]

an unillustrated drive for exclusive use may be formed, and although the plate 21 is arranged on the wafer stage 10, it may constitute from drawing 9 and drawing 10 so that the plate 21 can be independently moved from the wafer stage 10. However, in this case, the plate 21 should be driven so that a big gap may not be formed between wafers adsorbed and fixed on the wafer stage 10. For example, when shifting to a state of (b) from drawing 9 (a), or when shifting to a state of (d) from drawing 9 (c), the wafer stage 10 and the plate 21 should be driven, cooperating so that physical relationship which adjoins mutually may be maintained so that it may move near a projection optical system final surface. Here, while a gap of a wafer and the plate 21 passes directly under a projection optical system final surface at least, height of the plate 21 should be maintained by the almost same height as a wafer top.

[0121]

After moving liquid membrane between a projection optical system final surface and the plate 21, the position can be maintained about the plate 21, the position can be arbitrarily changed about the wafer stage 10, and various processes can be performed. Thus, by forming the mechanism to which the plate 21 is independently moved from the wafer stage 10, there is an advantage which can continue filling the bottom of a projection optical system final surface with a liquid using the time section currently used for various work [ the wafer stage 10 ] other than exposure. Since it becomes unnecessary to establish two or more plates and suction openings by forming such a mechanism, or to enlarge a plate, an exposure device can be miniaturized.

[0122]

In order to measure the illumination unevenness sensor for measuring the illuminance distribution of exposing light in the suitable part of the plate 21, and the absolute illumination of exposing light, an illuminometer may be formed absolutely. In this case, moreover, illumination unevenness and absolute illumination can be measured by the almost same immersion state as an exposed state, continuing filling a liquid under a projection optical system final surface without once collecting liquids. Thereby, illumination unevenness and absolute illumination can be measured in high accuracy, without dropping the productivity of an exposure device. As mentioned above, although it is preferred that it can move individually [ a wafer stage ] in respect of productivity as for a plate, there is an advantage also in arranging an illumination unevenness sensor on a wafer stage together with a plate at the point which can measure the addition

illumination unevenness at the time of a scan in the case of a scanning type exposure device.

[0123]

By using a function to attract a gas and a liquid from the suction opening 22, initial liquid membrane to 4 s of projection optical system final surfaces can be generated more nearly promptly. A generation method of initial liquid membrane using the suction opening 22 is explained referring to drawing 11.

[0124]

the liquid feed nozzle 5 arranged so that a periphery of introduction and 4 s of projection lens final surfaces may be surrounded — mostly, the plate 21 is moved so that the suction opening 22 may be located directly under a center. In this state, a liquid is supplied on the plate 21 from the perimeter of the liquid feed nozzle 5 (drawing 11 (a)).

[0125]

A supplied liquid forms the liquid membrane f periphery shape or annular according to arrangement of the liquid feed nozzle 5 between the parallel flat surface (continuous member) 20 and the plate 21 including 4 s of projection lens final surfaces, leaving the gas g in the center. Only by continuing supplying a liquid as it is, since the gas g is confined inside the liquid membrane f, the gas g is not discharged outside. Therefore, space under 4 s of projection lens final surfaces cannot be thoroughly filled with a liquid, even if it passes till when.

[0126]

Then, from the liquid feed nozzle 5, periphery shape or where the space under the final surface 4s is supplied annularly, the gas g is attracted for a liquid through the suction opening 22. The pressure of the gas g becomes negative pressure rather than the pressure of outside environment by this suction, according to this pressure differential, to the liquid membrane currently formed in the periphery, the power of tending toward the suction opening 22 from a periphery works, and liquid membrane begins (drawing 11 (b)) to spread promptly toward the suction opening 22 in it. If suction is continued through the suction opening 22, when a liquid will begin to be attracted through the suction opening 22, the crevice between 4 s of projection optical system final surfaces and the plate 21 is fulfilled by liquid membrane without the gas g (drawing 11 (c)).

[0127]

Next, suction from the suction opening 22 is stopped. Where suction is stopped, while the wafer stage 10 has stopped, supply of the liquid from the liquid feed nozzle 5 may be suspended. However, after the liquid has stood it still, the gas and impurity which constitute ambient environment are continuously incorporated in the liquid. Therefore, the fault with which remain till exposure, without the concentration of air bubbles or an impurity becoming high and the air bubbles by which it was generated disappearing, it is generated by very small air bubbles by exposure, or a projection optical system final surface blooms cloudy with the impurity incorporated further may arise. In order to avoid this fault, while continuing supplying a liquid continuously also while the wafer stage 10 has stopped and supplying this liquid, it is preferred to collect liquids by the liquid recovery nozzle 6 at least.

[0128]

Drawing 11 (a) As for the liquid recovery nozzle 6, although the liquid recovery nozzle 6 may stop between — (c), in order for vibration, change of the sudden liquid amount of supply, etc. to prevent a liquid from

scattering outside, it is always preferred to make it work.

[0129]

The wafer stage 21 is moved so that the wafer 9 may finally be located directly under a projection optical system final surface, with supply and recovery of a liquid continued (drawing 11 (d)).

[0130]

Thus, if periphery shape or the liquid membrane formed annularly is grown up toward a center by suction, it is possible to form the liquid membrane which does not have air bubbles more nearly promptly, and there is an advantage which raises the productivity of an exposure device by extension. According to this method, since movement of a stage is unnecessary, when a projection optical system with a larger numerical aperture is adopted, it is suitable also as a method of generating the liquid membrane of a big area especially.

[0131]

Of course, liquid membrane is also promptly recoverable by using the suction opening 22. That is, supply of a liquid from [ from a state which moved liquid membrane between 4 s of projection optical system final surfaces and the plate 21 ] the liquid feed nozzle 5 can be suspended, and most liquid membrane which were [ 4 s of projection optical system final surfaces and the liquid suction plate 21 ] of use can be promptly collected by attracting a liquid from the suction opening 22. In order to collect liquids more nearly thoroughly at this time, a liquid may be attracted moving the wafer stage 10. Since liquid membrane is immediately recoverable by using a recovery function of this liquid membrane, it becomes possible to start promptly without delay correspondence work at the time of maintenance inspection work and failure of equipment.

[0132]

By using the suction opening 22 provided in the plate 21 explained how to generate initial liquid membrane promptly, referring to drawing 11. As shown in drawing 12 apart from this method, even if the liquid inlet 23 is established in the plate 21 instead of the suction opening 22 and it supplies a liquid through the liquid inlet 23 from an unillustrated liquid feeder, initial liquid membrane is promptly generable as follows. namely, the liquid feed nozzle 5 arranged in drawing 12 so that a periphery of 4 s of the introduction projection lens final surfaces may be surrounded first -- mostly, the plate 21 is moved so that the liquid inlet 23 may be located directly under a center. A liquid is supplied on the plate 21 through the liquid inlet 23 from this state. A supplied liquid forms small liquid membrane between 4 s of projection lens final surfaces, and the plate 21 including the liquid inlet 23 (drawing 12 (a)).

[0133]

By furthermore supplying a liquid through the liquid inlet 23 continuously, this small liquid membrane spreads radiately (drawing 12 (b)), and a gap of 4 s of projection optical system final surfaces and the plate 21 is filled with a liquid.

[0134]

By collecting liquids through the liquid recovery nozzle 6 if needed, it can prevent a liquid overflowing the plate 21 and 4 s of projection optical system final surfaces (drawing 12 (c)).

[0135]

Filling liquid membrane under a projection optical system final surface with a new liquid can be continued continuously, without dispersing to the circumference and making it leak a liquid in the state where the plate

21 was made to stand it still, the same [ also using the liquid inlet 23 ] with having explained with reference to drawing 10. Specifically, liquids are collected through the liquid recovery nozzle 6 at the same time it supplies a liquid from the liquid inlet 23. Of course, it is better to interrupt supply of a liquid from the liquid feed nozzle 5 at this time.

[0136]

If it does in this way, a touch area with the surrounding gas can be made more smaller than a method of space between the plate 21 and 4 s of projection optical system final surfaces which begins to fill a liquid from a periphery of 4 s of projection optical system final surfaces using the suction opening 22 since it begins to fill a liquid from a center mostly. Therefore, since quantity of an impurity contained in a gas which dissolves into initial liquid membrane, or a gas can be made smaller, more stable exposure and resolution performance are obtained, and depressor effect over cloudy weather by an impurity can be heightened further.

[0137]

In addition to the liquid inlet 23, the liquid suction opening 22 shown by drawing 10 and drawing 11 may be formed in the plate 21, the liquid inlet 22 may be used for generation of initial liquid membrane, or substitution of liquid membrane, and the liquid suction opening 23 may be used for recovery of a liquid for replacing a liquid membrane part by the surrounding environmental gas. A function of the liquid inlet 22 and a function of the liquid suction opening 23 are also realizable by the same opening. That is, a function of the suction opening 22 and the inlet 23 can be changed if needed by making both a suction unit (un-illustrating) and a liquid feeder (un-illustrating) open for free passage via a changeover valve, and changing this changeover valve to an opening provided in the plate 21. If it does in this way, the plate 21 will be made more into a compact.

[0138]

Application of the plate 21 explained with reference to drawing 8 – drawing 12, the suction opening 22, and the inlet 23, It is not limited to being used in combination with a liquid feed nozzle and a liquid recovery nozzle which were clearly explained in this Description. For example, in combination with various liquid supply and recovering mechanisms, an object for liquid supply currently indicated by WO 99/No. 49504 gazette, piping for liquid recovery, etc. are used, and it deals in them.

[0139]

Drawing 13 is a perspective view showing the 6th example of composition about composition and arrangement of a liquid feed nozzle and a liquid recovery nozzle. An example of composition shown in drawing 13 differs from an example of composition which a point, i.e., a point that there is a level difference, that the peripheral face (projection side) 20c arranged rather than the liquid touching face 20a at a position near a wafer is established in the periphery side of the liquid touching face 20a where the liquid feed nozzle 5 has been arranged shows to drawing 6. In the peripheral face 20c, the liquid recovery nozzle 6 is arranged at periphery shape.

[0140]

Thus, a liquid becomes difficult to escape on the outside of the liquid touching face 20a by establishing the peripheral face 20c in a position near a wafer rather than the liquid touching face 20a at the periphery side of the liquid touching face 20a in which liquid membrane of 4 s of projection optical system final surfaces is

formed. By this, things can be small made possible for capability to collect liquids through the liquid recovery nozzle 6, and the liquid recovery nozzle 6 and the liquid recovery system 8 can be miniaturized by extension. Here, in an example of composition shown in drawing 13, although the liquid recovery nozzle 6 is formed in the outside field 20c side, a liquid recovery nozzle may be provided, for example in thea [ 20 ] side, and may be prepared for both sides of the fields 20a and 20c for recovery of a more positive liquid.

[0141]

Although the field 20c of the outside formed with a level difference to the inside field 20a provided in business which encloses 4 s of projection optical system final surfaces over the perimeter in an example of composition shown in drawing 13, For example, when the move direction of a wafer at the time of dipping is limited, the outside field 20c or a stepped section may be provided only in the downstream of the move direction of a wafer. In this case, the length of the outside 20c or a stepped section is the same as that of a liquid recovery nozzle, or its long time is more desirable than it.

[0142]

Although a nozzle mouth of the liquid feed nozzle 5 or the liquid recovery nozzle 6 may be constituted as a mere opening, it is desirable to provide a perforated plate which carries out two or more owners of the very small hole in a point of making liquid sagging hard to lessen place nonuniformity of the amount of supply of liquid or a recovery amount, and also to carry out, and a porous body in a nozzle mouth. A porous body which sintered especially fibrous, a metallic material [ being granular (powder) ], and an inorganic material is preferred. As a material (construction material which constitutes the surface at least) used for these, stainless steel, nickel, alumina, and silica glass are preferred in respect of affinity with pure water and fluoridation liquid which are used as a medium for dipping.

[0143]

Drawing 14 is a perspective view showing the 7th example of composition about composition and arrangement of a liquid feed nozzle and a liquid recovery nozzle. the [ the 1st which an example of composition shown in drawing 14 is the point of having formed the inactive gas blow-off part 24 in an outermost periphery part which encloses 4 s of projection optical system final surfaces, and had been mentioned so far - ] -- it differs from an example of composition of six.

[0144]

The inactive gas blow-off part (blow-off ring) 24 is open for free passage with an unillustrated inert gas feeder, and toward the wafer and plate which are arranged caudad, it is constituted so that inactive gas can be blown off at an almost uniform speed. In the state where liquid membrane is formed between 4 s of projection optical system final surfaces, and a wafer and a plate. By blowing off inactive gas from the inactive gas blow-off part 24, a liquid which constitutes liquid membrane can be prevented from dispersing outside by applying a pressure from that periphery side with inactive gas to this liquid membrane. This advantage functions effectively especially, when a wafer and a plate are moving. Since liquid membrane is pushed on a central direction by supplying inactive gas, it can prevent remaining, while liquid membrane had adhered to the surface of a wafer or a plate. The surface of a wafer or a plate can be dried by supplying inactive gas. Only in order to dry a wafer and a plate here, as long as it uses inactive gas, a pressure of inactive gas may be low.

[0145]

In order to blow off in the inactive gas blow-off part 24 and to stop place nonuniformity of speed, If it is considered as a slit nozzle which may provide a perforated plate and a porous body in the diffuser at a nozzle mouth, and blows off inactive gas from about 0.1-mm very small crevice like the liquid feed nozzle 5, there is an advantage which stops an amount of consumption of inactive gas further, and, in addition, it is good.

[0146]

According to the above composition, a liquid can be more certainly prevented from remaining on the upper surface of a wafer or a plate. At the time of wafer exchange and maintenance inspection, a unit for collecting liquids which remained, and work make this unnecessary, and it contributes to raising the productivity of an exposure device, and preventing enlargement of equipment. By supply of inactive gas, time kept by the state where the sensitizing agent surface applied to a wafer top got wet can be stopped in a short time, and the sensitizing agent surface can be dried still more nearly immediately. Therefore, since it gets wet and a dependency over a state which affects a developing process after exposure of a sensitizing agent can be reduced as much as possible, stable resolution performance is expectable in a sensitizing agent.

[0147]

In an example of composition shown in drawing 14, the liquid feed nozzle 5 and the liquid recovery nozzle 6 were formed in the liquid touching face 20a which turns into mostly 4 s of projection optical system final surfaces with the field, the flat surface 20c near a wafer was established in the periphery side rather than the flat surface 20a, and an inactive gas blow-off part is provided in the flat surface 20c. Thus, by providing an inactive gas blow-off part in a field near a wafer rather than the liquid touching face 20a, influence which can acquire a big pressure differential, and holds down a running cost of an exposure device, and inactive gas has outside by a comparatively small gas mass flow can be suppressed to the minimum. Of course, when this is provided in the liquid touching face 20a, an effect of an inactive gas blow-off part is fully demonstrated, and it deals in it. Also in an example of composition shown in drawing 3 – drawing 5, it is the outside of the liquid supply port 5 or the liquid collection port 6, and the same length as them or an inactive gas blow-off part longer than it can be provided in the upstream of the wafer move direction.

[0148]

A gas suction part (suction ring) of the inactive gas blow-off part 24 shown in drawing 14 which was not further illustrated to the periphery side is provided. This gas suction part inhales and recovers inactive gas which blew off from the inactive gas blow-off part 24. Influence of inactive gas given to a field around an exposure region can be suppressed to the minimum by exhausting the inhaled inactive gas at a place which does not have on the circumference of an exposure region. Here as a typical example of influence of inactive gas given to the circumference of an exposure region, For example, it is mentioned that inactive gas flows into an optical path of an interferometer which measures a position of a wafer stage, and an optical path of an optical focus sensor, and become uneven in time [ an ingredient of a gas in an optical path ] and spatially, and it serves as a fluctuation ingredient of a measurement value, and causes the Measurement Division error.

[0149]

It is appropriate for this inactive gas to use air which fully removed an impurity which affects cloudy weather

and a sensitizing agent of optical systems, such as an organic matter, acid gas, alkaline gas, and moisture, and nitrogen. Since it can prevent oxygen in the atmosphere melting into a liquid filled under a projection optical system final surface if especially nitrogen is used, when using pure water and function water especially as a liquid, there is an advantage which can prevent a contact surface with a liquid from carrying out oxidization corrosion.

[0150]

Drawing 15 is a figure showing a desirable example of composition of the liquid feed nozzle 5. Diffuser form of the liquid feed nozzle 5 shown in drawing 3 – drawing 8, drawing 13, and drawing 14 is slit shape. On the other hand, in an example of composition shown in drawing 15, the one nozzle unit (discharge unit) 5 is equipped with the n nozzles (plurality) J1–Jn. It is connected with the liquid feeder 7 via the switching valves V1–Vn, respectively, and these nozzles J1–Jn can supply and suspend a liquid individually, respectively by changing operation of the switching valves V1–Vn corresponding to each nozzle J1–Jn.

[0151]

these nozzle groups are single tiers — it does not come out and may be arranged at plural lines, and according to this, also increasing a supply flow rate and a possible thing for which it carries out and liquid membrane is formed in still more complicated form are possible.

[0152]

The nozzle unit 5 which comprises two or more nozzles, For example, in a case where dipping is performed from a wafer periphery boundary part as shown in drawing 16, It is controlled and gets so that only a switching valve corresponding to a nozzle which has a wafer caudad is opened, liquid may be supplied, a valve corresponding to a nozzle into which a wafer comes caudad with movement of a wafer further may be opened one by one and liquid may be further supplied on a wafer. Thereby, it can prevent liquid overflowing into the outside of a wafer. This reduces device load for recovery of a liquid.

[0153]

Although drawing 16 shows a case where a wafer moves and it enters in a field of a lower part of a nozzle row, it can apply also to a case from which a wafer separates from a field of a lower part of a nozzle row. The face plate may be formed in the outside of a wafer, in this case, what is necessary is just to control supply of a liquid from each nozzle corresponding to an outer edge of the face plate, and, thereby, a size of the face plate can be minimized. Therefore, migration length of a wafer stage can be made small and device size can be miniaturized.

[0154]

In an example of composition shown in drawing 15, supply and a stop of liquid from each nozzle of the nozzle unit 5 are performed by opening and closing of a corresponding switching valve. As it replaces with this, for example, is used with an ink jet printer, It is also possible to embed regurgitation and a function to suspend for droplet for each nozzle of a nozzle unit, and it is possible by supplying a liquid continuously and also making droplet breathe out by high frequency to also make liquid membrane which continued substantially form on a wafer. Specifically, structure and functions, such as a bubble jet (registered trademark) nozzle, a thermal jet nozzle or a piezo jet nozzle, are applicable.

[0155]

Without dispersing droplet around in a projection aligner which applied an immersion method according to

the suitable embodiment of this invention, it is possible to form liquid membrane between a projection optical system final surface and a substrate for a short time, and also it is possible to control generating of very small air bubbles which pose a problem at the time of projection exposure. Work which collects liquids individually becomes unnecessary for every various processes for maintaining performance of every substrate, every alignment process carried out in advance of exposure, or an exposure device. Since a projection optical system final surface can be covered with a liquid with always high purity and a touch area with an environmental atmosphere can moreover be made small, Cloudy weather by an impurity which it becomes possible to obtain predetermined exposure and resolution performance by being stabilized, and also is contained in environment and a sensitizing agent can be controlled or prevented. By these, without [ without it enlarges a scale of an exposure device, and ] spoiling the productivity of an exposure device, high degree of accuracy and stable projection exposure become possible, and a detailed pattern is stabilized and it can transfer to a substrate good.

[0156]

Next, a process of manufacturing a semiconductor device as an example of devices, such as a micro device, is explained using an exposure device mentioned above. Drawing 17 is a figure showing a flow of an overall manufacturing process of a semiconductor device. A circuit design of a semiconductor device is performed at Step 1 (circuit design). At Step 2 (mask production), a mask is produced based on a designed circuit pattern.

[0157]

On the other hand, at Step 3 (wafer manufacture), a wafer is manufactured using materials, such as silicon. Step 4 (wafer process) is called a previous process, and forms a actual circuit on a wafer with the above-mentioned exposure device using a lithography technology using an above-mentioned mask and a wafer. The following step 5 (assembly) is called a post process, is a process semiconductor-chip-ized using a wafer produced by Step 5, and contains like assemblers, such as an assembly process (dicing, bonding) and a packaging process (chip enclosure). At Step 6 (inspection), an operation confirming test of a semiconductor device produced at Step 5, an endurance test, etc. are inspected. A semiconductor device is completed through such a process and this is shipped at Step 7.

[0158]

A wafer process of the above-mentioned step 4 has the following steps. An oxidation step which oxidizes the surface of a wafer, a CVD step which forms an insulator layer to a wafer surface, An electrode formation step which forms an electrode by vacuum evaporation on a wafer, an ion implantation step which drives ion into a wafer, A resist process step which applies a sensitizing agent to a wafer, an exposing step which transfers a circuit pattern to a wafer after a resist process step with the above-mentioned exposure device, A development step which develops a wafer exposed by an exposing step, an etching step cutting off portions other than a resist image developed at a development step, a resist removing step which removes a resist which etching ended and became unnecessary. By carrying out by repeating these steps, a circuit pattern is formed on a wafer multiplex.

[0159]

**[Effect of the Invention]**

According to this invention, the practicality of the exposure device which applied the immersion method, and

an exposure method is improved, for example, the gap of the final surface of a projection optical system and a substrate is more certainly filled with a liquid, Or reducing a possibility the final surface of a projection optical system being exposed to the atmosphere which surrounds it, or the structure of an exposure device can be simplified, and an exposure device can be miniaturized.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a figure showing the composition of the suitable embodiment of this invention roughly.

[Drawing 2]It is a figure showing typically the process of filling the gap of a projection optical system and a wafer with a liquid in the suitable embodiment of this invention.

[Drawing 3]It is a figure showing the 1st example of composition of the liquid feed nozzle in the exposure device of the suitable embodiment of this invention, and a liquid recovery nozzle.

[Drawing 4]It is a figure showing the 2nd example of composition of the liquid feed nozzle in the exposure device of the suitable embodiment of this invention, and a liquid recovery nozzle.

[Drawing 5]It is a figure showing the 3rd example of composition of the liquid feed nozzle in the exposure device of the suitable embodiment of this invention, and a liquid recovery nozzle.

[Drawing 6]It is a figure showing the 4th example of composition of the liquid feed nozzle in the exposure device of the suitable embodiment of this invention, and a liquid recovery nozzle.

[Drawing 7]It is a figure showing the 5th example of composition of the liquid feed nozzle in the exposure device of the suitable embodiment of this invention, and a liquid recovery nozzle.

[Drawing 8]It is a figure showing roughly the partial composition of other suitable embodiments of this invention.

[Drawing 9]It is a figure showing the process of sending in a plate under a projection optical system in the exposure device of other suitable embodiments of this invention.

[Drawing 10]It is a figure showing other processes of sending in a plate under a projection optical system in the exposure device of other suitable embodiments of this invention.

[Drawing 11]It is a figure showing the process of generating liquid membrane under a projection optical system in the exposure device of the suitable embodiment of this invention.

[Drawing 12]It is a figure showing other processes of generating liquid membrane under a projection optical system in the exposure device of the suitable embodiment of this invention.

[Drawing 13]It is a figure showing the 6th example of composition of the liquid feed nozzle in the exposure device of the suitable embodiment of this invention, and a liquid recovery nozzle.

[Drawing 14]It is a figure showing the 7th example of composition of the liquid feed nozzle in the exposure device of the suitable embodiment of this invention, and a liquid recovery nozzle.

[Drawing 15]It is a figure showing the example of composition of the nozzle unit (nozzle unit which comprised two or more nozzles) in the exposure device of the suitable embodiment of this invention.

[Drawing 16]It is a figure showing the example of application of the nozzle unit shown in drawing 15.

[Drawing 17]It is a figure showing the flow of the overall manufacturing process of a semiconductor device.

[Explanations of letters or numerals]

1: Reticle

2: Illumination system

3: Reticle stage

4: Projection optical system  
4 s: Projection optical system final surface  
5, 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5g, 5h: Liquid feed nozzle  
6, 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f, 6g, 6h: Liquid recovery nozzle  
7: Liquid feeder  
8: Liquid recovery system  
9: Wafer  
10: Wafer stage  
11: Reference mirror  
12: The laser interferometer for ranging  
13: Stage control apparatus,  
14, 15: Surface plate  
16: Feed pipe  
17: Collection pipe  
18: Dipping control device  
19: The face plate  
20, 20a, 20b: Continuous member (liquid touching face)  
20c: Peripheral face  
21: Plate  
22: Suction opening  
23: Liquid inlet  
24: Inactive gas blow-off part  
f: The liquid for dipping  
g: Gas  
ea: Exposure slit field  
J1, J2 ... Jn: nozzle  
V1, V2 ... Vn: switching valve

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2005-19864

(P2005-19864A)

(43)公開日 平成17年1月20日(2005.1.20)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>H01L 21/027  
G03F 7/20

F 1

H01L 21/30  
G03F 7/20

テーマコード(参考)

5F046

514C  
521

審査請求 有 請求項の数 52 O L (全 31 頁)

(21)出願番号

特願2003-185389 (P2003-185389)

(22)出願日

平成15年6月27日 (2003.6.27)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74)代理人 100076428

弁理士 大塚 康徳

(74)代理人 100112508

弁理士 高柳 司郎

(74)代理人 100115071

弁理士 大塚 康弘

(74)代理人 100116894

弁理士 木村 秀二

(72)発明者 中野 一志

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ

ヤノン株式会社内

Fターム(参考) 5F046 BA04 CC01 DA07 DA27

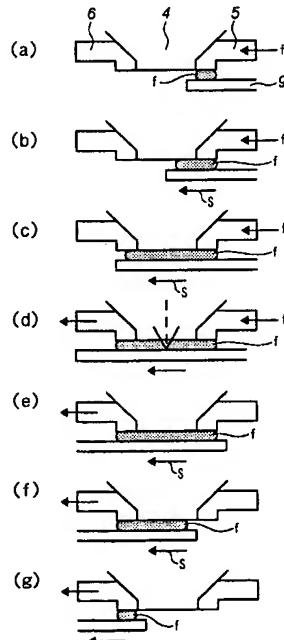
## (54)【発明の名称】露光装置及び露光方法

## (57)【要約】

【課題】液浸法を適用した露光装置において、投影光学系の最終面と基板との間隙をより確実に液体で満たす。

【解決手段】露光装置は、投影光学系4の周辺かつ前記投影光学系から見て第1方向に配置された液体供給ノズル5を備える。基板ステージ10が基板9を第1方向の反対方向である第2方向に向かって移動させる際に、液体供給ノズル5を通して基板9の表面上に液体が供給され該表面上に液膜fが形成される。ここで、基板9の移動に伴って液膜fが連続的に広がるように、液体供給ノズル5を通して基板9の表面上に液体が連続的に供給される。

【選択図】図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

原版のパターンを投影光学系を介して基板に投影し転写する露光装置であって、  
基板を保持し移動させる基板ステージと、  
液体供給ノズルを有し前記基板の表面上に液体を供給して前記表面上に液膜を形成する液体供給部と、  
を備え、前記液体供給ノズルは、前記投影光学系の周辺かつ前記投影光学系から見て第1方向に配置されており、  
前記液体供給部は、前記基板ステージが前記基板を前記第1方向の反対方向である第2方向に向かって移動させる際に、前記基板の移動に伴って前記液膜が連続的に広がるように、  
前記液体供給ノズルを通して前記基板の表面上に液体を連続的に供給するように構成されていることを特徴とする露光装置。  
10

**【請求項 2】**

前記液体供給部は、前記基板が移動することにより前記投影光学系の最終面と前記基板との間隙に前記液体が進入し該間隙が前記液体で満たされるように、前記液体供給ノズルを通して前記基板の表面上に液体を供給することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

**【請求項 3】**

液体回収ノズルを有する液体回収部を更に備え、前記液体回収ノズルは、前記投影光学系の外側かつ前記投影光学系から見て前記第2方向に配置されており、  
前記液体回収部は、前記基板の移動に伴って広がる液膜を構成する液体を前記液体回収ノズルを通して回収するように構成されていることを特徴とする特徴とする請求項1又は請求項2に記載の露光装置。  
20

**【請求項 4】**

前記投影光学系を取り囲むように配置された複数の液体回収ノズルを有する液体回収部を更に備え、前記液体回収部は、前記基板上に形成された液膜を構成する液体を前記複数の液体回収ノズルの全部又は一部を通して回収することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の露光装置。

**【請求項 5】**

前記液体供給部は、前記投影光学系からみて互いに異なる方向に配置された複数の液体供給ノズルを有し、前記基板ステージが前記基板を移動させる際に、前記複数の液体供給ノズルのうち少なくとも前記投影光学系から見て前記基板の移動方向の反対方向に位置する液体供給ノズルを通して前記基板の表面上に液体を供給することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の露光装置。  
30

**【請求項 6】**

前記液体供給部は、前記投影光学系からみて互いに異なる方向に配置された複数の液体供給ノズルを有し、前記基板ステージが前記基板を移動させる際に、前記複数の液体供給ノズルのうち少なくとも前記投影光学系から見て前記基板の移動方向の反対方向に位置する液体供給ノズルを通して前記基板の表面上に液体を供給し、  
前記液体回収部は、前記複数の液体回収ノズルのうち少なくとも前記投影光学系から見て前記基板の移動方向に位置する液体回収ノズルを通して前記基板上に形成された液膜を構成する液体を回収することを特徴とする請求項4に記載の露光装置。  
40

**【請求項 7】**

前記複数の液体回収ノズルは、前記複数の液体供給ノズルの外側に配置されていることを特徴とする請求項4又は請求項6に記載の露光装置。

【請求項 8】

前記液体供給部は、前記投影光学系から出た露光光についての前記基板の移動方向に直交する方向の幅と同一かそれよりも大きい幅で液体を前記基板の表面上に供給するように構成されていることを特徴とする請求項1乃至請求項7のいずれか1項に記載の露光装置。

**【請求項 9】**

前記液体供給ノズルの出口における液体の平均的な流速を $\mu$ 、前記投影光学系の最終面と  
50

前記基板との間隔を  $d$  、前記基板の移動速度を  $v$  、前記基板の移動速度に沿った前記液体供給ノズルの出口の幅を  $w$  としたときに、

$$\mu \geq d \cdot v / w$$

を満たすように、前記液体供給部が液体の供給を制御することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 10】

前記液体供給部は、前記基板の移動速度に基づいて、前記液体供給ノズルを通して前記基板に供給する液体の流量を制御することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

10

【請求項 11】

前記液体供給ノズルの出口と前記ウェハステージとの間隔は、前記投影光学系の最終面と前記ウェハステージとの間隔と実質的に等しいことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 12】

前記液体供給ノズルの出口と前記ウェハステージとの間隔は、前記投影光学系の最終面と前記ウェハステージとの間隔よりも大きいことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 13】

前記液体回収ノズルの入口と前記ウェハステージとの間隔は、前記投影光学系の最終面と前記ウェハステージとの間隔と実質的に等しいことを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の露光装置。

20

【請求項 14】

前記液体回収ノズルの入口と前記ウェハステージとの間隔は、前記投影光学系の最終面と前記ウェハステージとの間隔よりも小さいことを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の露光装置。

【請求項 15】

前記液体供給ノズルは、前記投影光学系の最終面に隣接して配置されており、前記最終面と前記液体供給ノズルとが隣接する部分において前記最終面の端は直線形状を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 14 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

30

【請求項 16】

前記投影光学系の最終面は、前記第 1 方向よりも、前記第 1 方向に直交する方向の長さが長いことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 14 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 17】

前記液体回収ノズルは、前記投影光学系の最終面に隣接して配置されており、前記最終面と前記液体回収ノズルとが隣接する部分において前記最終面の端は直線形状を有することを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の露光装置。

【請求項 18】

前記投影光学系の最終面が矩形形状を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 17 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

40

【請求項 19】

前記投影光学系の最終面から連続的に延び、かつ前記基板ステージに対向した対向面を有する連続部材を更に備え、前記液体供給ノズルの出口が前記対向面に設けられていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 18 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 20】

前記投影光学系の最終面から連続的に延び、かつ前記基板ステージに対向した対向面を有する連続部材を更に備え、前記液体供給ノズルの出口及び前記液体回収ノズルの入口が前記対向面に設けられていることを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の露光装置。

【請求項 21】

前記液体供給部は、前記液体供給ノズルとして 1 又は複数列に配列されたノズル群を有し、かつ、前記ノズル群からの液体の供給及び停止を個別に制御するための開閉装置を有す

50

ることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 20 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 22】

前記開閉装置は、前記ノズル群の各ノズルを使った液体の供給及び停止を各ノズルの直下に前記基板が存在するか否かに応じて制御することを特徴とする請求項 21 に記載の露光装置。

【請求項 23】

原版のパターンを投影光学系を介して基板に投影し転写する露光装置であって、基板を保持し移動させる基板ステージと、

前記基板ステージ上に載置される前記基板と実質的に等しい高さの面を有する平面板と、前記投影光学系の最終面と前記基板又は前記平面板との間に液体を供給する液体供給部と

10

、前記投影光学系の最終面と前記基板又は前記平面板との間に存在する液体を回収する液体回収部と、

を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 24】

前記平面板は、前記基板ステージ上に載置される前記基板の少なくとも一部に隣接するよう配配置されていることを特徴とする請求項 23 に記載の露光装置。

【請求項 25】

前記平面板には、前記平面板上の液体を吸引するための吸引口が設けられていることを特徴とする請求項 23 又は請求項 24 に記載の露光装置。

20

【請求項 26】

前記平面板には、前記平面板上に液体を供給するための供給口が設けられていることを特徴とする請求項 23 又は請求項 24 に記載の露光装置。

【請求項 27】

前記平面板には、前記平面板上に液体を供給し及び前記平面板上の液体を吸引するための流路が開口していることを特徴とする請求項 23 又は請求項 24 に記載の露光装置。

【請求項 28】

前記平面板を前記投影光学系の最終面の下に移動させる駆動機構を更に備えることを特徴とする請求項 23 乃至請求項 27 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

30

【請求項 29】

前記基板ステージは、前記平面板を前記投影光学系の最終面の下に駆動することができるよう構成されていることを特徴とする請求項 23 乃至請求項 27 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 30】

原版のパターンを投影光学系を介して基板に投影し転写する露光装置であって、基板を保持し移動させる基板ステージと、

前記投影光学系の最終面から連続的に延びた液接触面を有する連続部材と、

前記液接触面に設けられた出口を通して前記最終面及び前記液接触面と前記基板との間に液体を供給する液体供給部と、

を備えることを特徴とする露光装置。

40

【請求項 31】

前記最終面及び前記液接触面と前記基板との間に存在する液体を回収する液体回収部を更に備えることを特徴とする請求項 30 に記載の露光装置。

【請求項 32】

前記液体回収部は、前記液接触面に設けられた入口を通して前記最終面及び前記液接触面と前記基板との間に存在する液体を回収するように構成されていることを特徴とする請求項 30 に記載の露光装置。

【請求項 33】

前記連続部材は、前記投影光学系を支持する鏡筒の一部であることを特徴とする請求項 30 乃至請求項 32 のいずれかに記載の露光装置。

50

## 【請求項 3 4】

更に、前記基板ステージ側に突出した突出部を前記液接触面の端部に備えることを特徴とする請求項 3 0 に記載の露光装置。

## 【請求項 3 5】

前記突出部が前記基板ステージに対向している面に設けられた入口を通して、前記最終面及び前記液接触面と前記基板との間に存在する液体を回収する液体回収部を更に備えることを特徴とする請求項 3 4 に記載の露光装置。

## 【請求項 3 6】

原版のパターンを投影光学系を介して基板に投影し転写する露光装置であって、

10

基板を保持し移動させる基板ステージと、

前記投影光学系の最終面から伸びた連続部材と、

前記最終面の周囲に配置された液体供給口を通して前記最終面と前記基板との間隙に液体を供給する液体供給部と、

前記最終面の周囲に配置された液体回収口を通して前記最終面と前記基板との間隙から液体を回収する液体回収部と、

前記液体供給口及び前記液体回収部を取り囲むように配置され、前記基板の周囲を覆うよう気体を吹き出す気体吹き出し口と、

を備えることを特徴とする露光装置。

## 【請求項 3 7】

前記吹き出し口の周囲を取り囲むように配置され、前記気体吹き出し口から吹き出された気体を回収する気体回収口を更に備えることを特徴とする請求項 3 6 に記載の露光装置。

20

## 【請求項 3 8】

基板ステージを移動させながら前記原版のパターンを前記基板に転写する走査露光装置として構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 7 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

## 【請求項 3 9】

前記液体供給ノズルを通して前記基板に液体を供給する動作を、ショット領域を切り替えるために基板を移動させる際に開始するように構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 7 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

30

## 【請求項 4 0】

原版のパターンを投影光学系を介して基板に投影し転写する露光方法であって、

前記投影光学系の周辺かつ前記投影光学系から見て第 1 方向に配置された液体供給ノズルを通して前記基板の表面上に液体を供給して前記基板の表面上に液膜を形成し、

前記基板を前記第 1 方向の反対方向である第 2 方向に向かって移動させながら、前記基板の移動に伴って前記液膜が連続的に広がるように前記供給ノズルを通して前記基板の表面上に液体を連続的に供給する、

ことを特徴とする露光方法。

## 【請求項 4 1】

前記基板を移動させている間に前記原版のパターンを前記基板にスリット光によって転写することを特徴とする請求項 4 0 に記載の露光方法。

40

## 【請求項 4 2】

前記液膜の形成を、前記基板への前記原版のパターンの転写に先立って、又は、複数の前記転写の間に実施することを特徴とする請求項 4 0 に記載の露光方法。

## 【請求項 4 3】

原版のパターンを投影光学系を介して基板ステージ上の基板に投影し転写する露光方法であって、

前記投影光学系の最終面と前記基板との間に液体を満たした状態で前記原版のパターンを前記基板に転写する転写工程と、

前記投影光学系の最終面の下に液体が満たされた状態で、前記最終面の下に平面板を移動させる移動工程と、

50

を含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 4 4】

前記移動工程の後に、前記投影光学系の最終面の下に前記平面板が位置する状態で前記基板を前記基板ステージ上から取り出す取り出し工程を更に含むことを特徴とする請求項 4 3 に記載の露光方法。

【請求項 4 5】

前記取り出し工程の後に、前記基板ステージ上に新しい基板を載置する工程を更に含むことを特徴とする請求項 4 4 に記載の露光方法。

【請求項 4 6】

投影光学系を介して原版のパターンを基板に投影する露光装置であって、

10

前記基板を保持し移動させる基板ステージと、

前記基板ステージ上の前記基板に対向するノズルを有し、前記基板上に液体を供給する液体供給部とを備え、

前記基板ステージによる前記基板の移動と、前記液体供給部による前記基板上への液体供給とにより、前記投影光学系と前記基板との間に液膜が形成されるように構成されていることを特徴とする露光装置。

【請求項 4 7】

前記液体供給部により供給された液体が実質的に一様な厚みの液膜を形成するように前記基板と対向して配置される対向部材を備えることを特徴とする請求項 4 6 に記載の露光装置。

20

【請求項 4 8】

投影光学系を介して原版のパターンを基板に投影する露光装置であって、

前記基板を保持し移動させる基板ステージと、

前記投影光学系と前記基板ステージ上の前記基板との間に液膜を形成する液膜形成部と、

前記液膜形成部により形成された液膜を前記基板に代わって維持する平面板とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 4 9】

投影光学系を介して原版のパターンを基板に投影する露光装置であって、

前記基板を保持し移動させる基板ステージと、

前記投影光学系と前記基板ステージ上の前記基板との間隙に液体を供給する液体供給部と、

30

前記間隙から液体を回収する液体回収部と、

前記間隙を取り囲むように前記基板に対し気体を吹き出す気体吹き出し部とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 5 0】

投影光学系を介して原版のパターンを基板に投影する露光方法であって、

基板ステージ上の前記基板に対向するノズルを有する液体供給部により前記基板上に液体を供給するとともに、前記基板ステージにより前記基板を移動させることにより、前記投影光学系と前記基板との間に液膜を形成する工程を有することを特徴とする露光方法。

40

【請求項 5 1】

投影光学系を介して原版のパターンを基板に投影する露光方法であって、

前記投影光学系と前記基板との間に液膜を形成する液膜形成工程と、

前記液膜形成工程において形成された液膜を維持しつつ前記基板を平面板に置換する置換工程とを有することを特徴とする露光方法。

【請求項 5 2】

請求項 4 6 乃至 4 9 のいずれか 1 項に記載の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

50

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば半導体デバイスあるいは液晶表示デバイス等のデバイスを製造する際に、感光剤が塗布された基板上に原版のパターンを転写する露光装置及び露光方法に係り、特に、液浸法を用いた露光装置及び露光方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

L S I あるいは超 L S I などの極微細パターンで構成される半導体デバイスの製造工程において、マスクに形成されたパターンを感光剤が塗布された基板上に縮小投影して転写する縮小型投影露光装置が使用されている。半導体デバイスにおける集積密度の向上に伴いパターンの更なる微細化が要求され、レジストプロセスの発展と同時に露光装置の微細化への対応がなされてきた。

10

## 【0003】

露光装置の解像力を向上させる手段としては、露光波長を短くする方法と、投影光学系の開口数 (N A) を大きくする方法とが一般的である。

## 【0004】

露光波長については、365 nm の i 線から 248 nm 付近の発振波長を有する KrF エキシマレーザ光に移行しつつあり、更には 193 nm 付近の発振波長を有する ArF エキシマレーザの開発が進んでいる。更に、157 nm 付近の発振波長を有するフッ素 (F<sub>2</sub>) エキシマレーザの開発も行なわれている。

20

## 【0005】

一方、これらとは全く別な解像力向上技術として液浸法を用いた投影露光方法が注目されつつある。従来は、投影光学系の最終面と露光対象基板（例えばウエハ）面との間の空間は気体で満たされていたが、液浸法では、この空間を液体で満たして投影露光を実施する。液浸法の利点は、例えば、投影光学系とウエハとの間の空間に提供される液体を純水（屈折率 1.33）とし、ウエハに結像する光線の最大入射角が液浸法と従来法で等しいと仮定した場合において、同一波長の光源を用いても、液浸法の解像力が従来法の 1.33 倍に向上することである。これは従来法の投影光学系の N A を 1.33 倍にすることと等価であり、液浸法によれば、従来法では不可能な N A = 1 以上の解像力を得ることが可能である。

30

## 【0006】

この投影光学系の最終面とウエハ面との間の空間を液体で満たす方法として、大別して二つの方法が提案されている。

## 【0007】

一つの方法は、投影光学系の最終面とウエハ全体を液槽の中に配置する方法であり、この方法を用いた露光装置が特許文献 1 に開示されている。

## 【0008】

もう一つは、投影光学系とウエハ面とで挟まれた空間だけに液体を流すローカルフィル法であり、この方法を用いた露光装置が特許文献 2 に開示されている。

40

## 【0009】

## 【特許文献 1】

特開平 06-124873 号公報

## 【特許文献 2】

再公表特許 WO 99/49504 号公報

## 【0010】

## 【発明が解決しようとする課題】

特許文献 1 に開示された方法では、ウエハを高速で動かすと液体が周囲に飛散するので、それを回収する装備が必要であり、また、液面が波立つことにより発生しうる微少な気泡が結像性能に悪影響を与えるという欠点がある。また、この方法では装置が複雑かつ大型化すると考えられる。

50

## 【0011】

一方、特許文献2に開示された方法では、ウエハと投影光学系の間隙が狭い場合に、この間隙にノズルを向けて液体を供給しても、ノズルから放出された液体がうまくこの間隙に流れ込まないで気体が残り、このために十分な液浸ができないという不具合があった。また、うまく流れ込まない液体は、投影レンズ外周に衝突して外に逃げてしまい、この周囲に逃げた液体を回収するための装備が必要となり、露光装置が大がかりになってしまふという欠点があった。また、仮に狭い間隙に液体を流し込むことができるとしても、この間隙の内部における流動抵抗が外に比べて大きいためにノズルから放出される液体の流速が、間隙を流れる流速に比べて非常に早い。したがって、ノズル先端部や、液が投影レンズ外周に衝突する箇所で、液体の流速が極端に変化し、流れが大きく乱れ、気泡が発生しうる。この気泡が投影レンズとウエハとの間に入り込んで、光の透過を妨げ、露光装置としての結像性能に悪影響を与える。

10

## 【0012】

更に、特許文献2に開示された方法では、少なくともウエハを交換する度に、ウエハ上に供給された液体を回収する必要があり、この液体の回収のために装置の生産性を犠牲にせざるを得なかった。しかも、ウエハ上の液体を回収することは、投影レンズ下面に満たされていた液体を回収することである。したがって、投影レンズ下面は、少なくともウエハを交換する度に、一部は液滴で濡れ、他の一部は薄い液体の膜で覆われ、更に他の一部は直接外気に触れた状態となりうる。そして、供給された液体に比べると、投影レンズやウエハを取り囲む環境中にはより多くの不純物が存在しており、投影レンズ下面の表面に付着している液体が、外気に含まれている不純物を取り込んでしまう。一方、投影レンズ下面に付着した液体自身は外気に向かって蒸発するため、元々液体中に含まれていた不純物や外気中から取り込んだ不純物が徐々に液中で濃縮され、結果として、投影レンズ表面に不純物が吸着して曇りを生じさせたり、完全に液体が蒸発・乾燥して残渣として不純物が投影レンズ表面に残って曇りを生じさせたりする可能性があった。

20

## 【0013】

本発明は、上記の種々の課題に鑑みてなされたものであり、液浸法を適用した露光装置及び露光方法の実用性を高めること、例えば、投影光学系の最終面と基板との間隙をより確実に液体で満たすこと、又は、投影光学系の最終面がそれを取り巻く霧囲気に晒される可能性を低減すること、又は、露光装置の構造を簡単化し、露光装置を小型化することなどを目的とする。

30

## 【0014】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の第1の側面は、原版のパターンを投影光学系を介して基板に投影し転写する露光装置に係り、該装置は、基板を保持し移動させる基板ステージと、液体供給ノズルを有し前記基板の表面上に液体を供給して前記表面上に液膜を形成する液体供給部とを備える。ここで、前記液体供給ノズルは、前記投影光学系の周辺かつ前記投影光学系から見て第1方向に配置されており、前記液体供給部は、前記基板ステージが前記基板を前記第1方向の反対方向である第2方向に向かって移動させる際に、前記基板の移動に伴って前記液膜が連続的に広がるように、前記液体供給ノズルを通して前記基板の表面上に液体を連続的に供給するように構成されている。

40

## 【0015】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体供給部は、前記基板が移動することにより前記投影光学系の最終面と前記基板との間隙に前記液体が進入し該間隙が前記液体で満たされるように、前記液体供給ノズルを通して前記基板の表面上に液体を供給することが好ましい。

## 【0016】

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光装置は、液体回収ノズルを有する液体回収部を更に備えることが好ましい。ここで、前記液体回収ノズルは、前記投影光学系の外側かつ前記投影光学系から見て前記第2方向に配置されており、前記液体回収部は、前

50

記基板の移動に伴って広がる液膜を構成する液体を前記液体回収ノズルを通して回収する  
ように構成されていることが好ましい。

## 【0017】

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光装置は、前記投影光学系を取り囲むよ  
うに配置された複数の液体回収ノズルを有する液体回収部を更に備えることが好ましく、  
前記液体回収部は、前記基板上に形成された液膜を構成する液体を前記複数の液体回収ノ  
ズルの全部又は一部を通して回収することが好ましい。

## 【0018】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体供給部は、前記投影光学系からみて互いに  
異なる方向に配置された複数の液体供給ノズルを有し、前記基板ステージが前記基板を移  
動させる際に、前記複数の液体供給ノズルのうち少なくとも前記投影光学系から見て前記  
基板の移動方向の反対方向に位置する液体供給ノズルを通して前記基板の表面に液体を供  
給することが好ましい。

10

## 【0019】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体供給部は、前記投影光学系からみて互いに  
異なる方向に配置された複数の液体供給ノズルを有し、前記基板ステージが前記基板を移  
動させる際に、前記複数の液体供給ノズルのうち少なくとも前記投影光学系から見て前記  
基板の移動方向の反対方向に位置する液体供給ノズルを通して前記基板の表面に液体を供  
給し、前記液体回収部は、前記複数の液体回収ノズルのうち少なくとも前記投影光学系か  
ら見て前記基板の移動方向に位置する液体回収ノズルを通して前記基板上に形成された液  
膜を構成する液体を回収することが好ましい。

20

## 【0020】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記複数の液体回収ノズルは、前記複数の液体供給  
ノズルの外側に配置されていることが好ましい。

## 【0021】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体供給部は、前記投影光学系から出た露光光  
についての前記基板の移動方向に直交する方向の幅と同一かそれよりも大きい幅で液体を前  
記基板の表面に供給するように構成されていることが好ましい。

## 【0022】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体供給ノズルの出口における液体の平均的な  
流速を  $\mu$  、前記投影光学系の最終面と前記基板との間隔を  $d$  、前記基板の移動速度を  $v$  、  
前記基板の移動速度に沿った前記液体供給ノズルの出口の幅を  $w$  としたときに、

30

$$\mu \geq d \cdot v / w$$

を満たすように、前記液体供給部が液体の供給を制御することが好ましい。

## 【0023】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体供給部は、前記基板の移動速度に基づいて  
、前記液体供給ノズルを通して前記基板に供給する液体の流量を制御することが好ましい  
。

## 【0024】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体供給ノズルの出口と前記ウエハステージと  
の間隔は、前記投影光学系の最終面と前記ウエハステージとの間隔と実質的に等しいこと  
が好ましい。或いは、前記液体供給ノズルの出口と前記ウエハステージとの間隔は、前記  
投影光学系の最終面と前記ウエハステージとの間隔よりも大きくてもよい。

40

## 【0025】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体回収ノズルの入口と前記ウエハステージと  
の間隔は、前記投影光学系の最終面と前記ウエハステージとの間隔と実質的に等しいこと  
が好ましい。或いは、前記液体回収ノズルの入口と前記ウエハステージとの間隔は、前記  
投影光学系の最終面と前記ウエハステージとの間隔よりも小さくてもよい。

## 【0026】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体供給ノズルは、前記投影光学系の最終面に

50

隣接して配置されており、前記最終面と前記液体供給ノズルとが隣接する部分において前記最終面の端は直線形状を有し得る。

【0027】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影光学系の最終面は、前記第1方向よりも、前記第1方向に直交する方向の長さが長く構成されてもよい。

【0028】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体回収ノズルは、前記投影光学系の最終面に隣接して配置されており、前記最終面と前記液体回収ノズルとが隣接する部分において前記最終面の端は直線形状を有し得る。

【0029】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影光学系の最終面が矩形形状を有し得る。

10

【0030】

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光装置は、前記投影光学系の最終面から連続的に延び、かつ前記基板ステージに対向した対向面を有する連続部材を更に備え、前記液体供給ノズルの出口が前記対向面に設けられていることが好ましい。

【0031】

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光装置は、前記投影光学系の最終面から連続的に延び、かつ前記基板ステージに対向した対向面を有する連続部材を更に備え、前記液体供給ノズルの出口及び前記液体回収ノズルの入口が前記対向面に設けられていることが好ましい。

20

【0032】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体供給部は、前記液体供給ノズルとして1又は複数列に配列されたノズル群を有し、かつ、前記ノズル群からの液体の供給及び停止を個別に制御するための開閉装置を有してもよい。ここで、前記開閉装置は、前記ノズル群の各ノズルを使った液体の供給及び停止を各ノズルの直下に前記基板が存在するか否かに応じて制御することが好ましい。

【0033】

本発明の第2の側面は、原版のパターンを投影光学系を介して基板に投影し転写する露光装置に係り、該装置は、基板を保持し移動させる基板ステージと、前記基板ステージ上に載置される前記基板と実質的に等しい高さの面を有する平面板と、前記投影光学系の最終面と前記基板又は前記平面板との間に液体を供給する液体供給部と、前記投影光学系の最終面と前記基板又は前記平面板との間に存在する液体を回収する液体回収部とを備える。

30

【0034】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記平面板は、前記基板ステージ上に載置される前記基板の少なくとも一部に隣接するように配置されていることが好ましい。

【0035】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記平面板には、前記平面板上の液体を吸引するための吸引口が設けられていること、及び／又は、前記平面板上に液体を供給するための供給口が設けられていることが好ましい。或いは、前記平面板には、前記平面板上に液体を供給し及び前記平面板上の液体を吸引するための流路が開口していることが好ましい。

40

【0036】

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光装置は、前記平面板を前記投影光学系の最終面の下に移動させる駆動機構を更に備えることが好ましい。

【0037】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記基板ステージは、前記平面板を前記投影光学系の最終面の下に駆動することができるように構成されていることが好ましい。

【0038】

本発明の第3の側面は、原版のパターンを投影光学系を介して基板に投影し転写する露光装置に係り、基板を保持し移動させる基板ステージと、前記投影光学系の最終面から連続的に延びた液接触面を有する連続部材と、前記液接触面に設けられた出口を通して前記最

50

終面及び前記液接触面と前記基板との間に液体を供給する液体供給部とを備える。

【0039】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記最終面及び前記液接触面と前記基板との間に存在する液体を回収する液体回収部を更に備えることが好ましい。

【0040】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記液体回収部は、前記液接触面に設けられた入口を通して前記最終面及び前記液接触面と前記基板との間に存在する液体を回収するように構成されていることが好ましい。

【0041】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記連続部材は、前記投影光学系を支持する鏡筒の一部であることが好ましい。

10

【0042】

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光装置は、更に、前記基板ステージ側に突出した突出部を前記液接触面の端部に備えることが好ましい。

【0043】

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光装置は、前記突出部が前記基板ステージに対向している面に設けられた入口を通して、前記最終面及び前記液接触面と前記基板との間に存在する液体を回収する液体回収部を更に備えることが好ましい。

【0044】

本発明の第4の側面は、原版のパターンを投影光学系を介して基板に投影し転写する露光装置に係り、該装置は、基板を保持し移動させる基板ステージと、前記投影光学系の最終面から延びた連続部材と、前記最終面の周囲に配置された液体供給口を通して前記最終面と前記基板との間隙に液体を供給する液体供給部と、前記最終面の周囲に配置された液体回収口を通して前記最終面と前記基板との間隙から液体を回収する液体回収部と、前記液体供給口及び前記液体回収部を取り囲むように配置され、前記基板の周囲を覆うように気体を吹き出す気体吹き出し口とを備える。

20

【0045】

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光装置は、前記吹き出し口の周囲を取り囲むように配置され、前記気体吹き出し口から吹き出された気体を回収する気体回収口を更に備えることが好ましい。

30

【0046】

本発明の第1～第4の側面に係る露光装置は、基板ステージを移動させながら前記原版のパターンを前記基板に転写する走査露光装置として構成されうる。

【0047】

本発明の第1～第4の側面に係る露光装置はまた、前記液体供給ノズルを通して前記基板に液体を供給する動作を、ショット領域を切り替えるために基板を移動させる際に開始するように構成された露光装置としても構成されうる。

【0048】

本発明の第5の側面は、原版のパターンを投影光学系を介して基板に投影し転写する露光方法に係り、該方法は、前記投影光学系の周辺かつ前記投影光学系から見て第1方向に配置された液体供給ノズルを通して前記基板の表面上に液体を供給して前記基板の表面上に液膜を形成し、

40

前記基板を前記第1方向の反対方向である第2方向に向かって移動させながら、前記基板の移動に伴って前記液膜が連続的に広がるように前記供給ノズルを通して前記基板の表面上に液体を連続的に供給する。

【0049】

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光方法は、前記基板を移動させている間に前記原版のパターンを前記基板にスリット光によって転写する方法として実施されうる。

【0050】

50

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光方法はまた、前記液膜の形成を、前記基板への前記原版のパターンの転写に先立って、又は、複数の前記転写の間に実施する方法としても実施されうる。

【0051】

本発明の第6の側面は、原版のパターンを投影光学系を介して基板ステージ上の基板に投影し転写する露光方法に係り、該方法は、前記投影光学系の最終面と前記基板との間に液体を満たした状態で前記原版のパターンを前記基板に転写する転写工程と、前記投影光学系の最終面の下に液体が満たされた状態で、前記最終面の下に平面板を移動させる移動工程とを含む。

10

【0052】

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光方法は、前記移動工程の後に、前記投影光学系の最終面の下に前記平面板が位置する状態で前記基板を前記基板ステージ上から取り出す取り出し工程を更に含むことが好ましい。また、本発明の露光方法は、前記取り出し工程の後に、前記基板ステージ上に新しい基板を載置する工程を更に含むことが好ましい。

10

【0053】

本発明の第7の側面は、投影光学系を介して原版のパターンを基板に投影する露光装置であって、前記基板を保持し移動させる基板ステージと、前記基板ステージ上の前記基板に対向するノズルを有し、前記基板上に液体を供給する液体供給部とを備え、前記基板ステージによる前記基板の移動と、前記液体供給部による前記基板上への液体供給とにより、前記投影光学系と前記基板との間に液膜が形成されるように構成されていることを特徴とする露光装置である。

20

【0054】

本発明の好適な実施の形態によれば、本発明の露光装置は、前記液体供給部により供給された液体が実質的に一様な厚みの液膜を形成するように前記基板と対向して配置される対向部材を備えることが好ましい。

【0055】

本発明の第8の側面は、投影光学系を介して原版のパターンを基板に投影する露光装置であって、前記基板を保持し移動させる基板ステージと、前記投影光学系と前記基板ステージ上の前記基板との間に液膜を形成する液膜形成部と、前記液膜形成部により形成された液膜を前記基板に代わって維持する平面板とを備えることを特徴とする露光装置である。

30

【0056】

本発明の第9の側面は、投影光学系を介して原版のパターンを基板に投影する露光装置であって、前記基板を保持し移動させる基板ステージと、前記投影光学系と前記基板ステージ上の前記基板との間隙に液体を供給する液体供給部と、前記間隙から液体を回収する液体回収部と、前記間隙を取り囲むように前記基板に対し気体を吹き出す気体吹き出し部とを備えることを特徴とする露光装置である。

【0057】

本発明の第10の側面は、投影光学系を介して原版のパターンを基板に投影する露光方法であって、基板ステージ上の前記基板に対向するノズルを有する液体供給部により前記基板上に液体を供給するとともに、前記基板ステージにより前記基板を移動させることにより、前記投影光学系と前記基板との間に液膜を形成する工程を有することを特徴とする露光方法である。

40

【0058】

本発明の第11の側面は、投影光学系を介して原版のパターンを基板に投影する露光方法であって、前記投影光学系と前記基板との間に液膜を形成する液膜形成工程と、前記液膜形成工程において形成された液膜を維持しつつ前記基板を平面板に置換する置換工程とを有することを特徴とする露光方法である。

【0059】

本発明の第12の側面は、上記第7乃至第9の側面のいずれか1つの露光装置を用いてデ

50

バイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法である。

【0060】

【発明の実施の形態】

本発明の露光装置は、例えば、露光光として紫外光を用い、投影光学系と基板（例えば、ウエハ）間を液体で満たす液浸法が適用されるあらゆる露光方法及び露光装置に有用である。そのような露光装置には、例えば、基板を静止させた状態で該基板に原版のパターンを投影転写する露光装置や、基板と原版とを同期スキャンしながら該基板に該原版のパターンをスリット光によりスキャン露光する露光装置が含まれうる。

【0061】

以下、本発明の好適な実施形態を例示的に説明する。図1は、本発明の好適な実施形態の構成を概略的に示す図である。図1において、ArFエキシマレーザやF<sub>2</sub>レーザなどの露光光源（不図示）から射出された光が照明光学系2に提供される。照明光学系2は、露光光源から提供された光を用いて、レチクル（原版）1の一部をスリット光（スリットを通過したような断面形状を有する光）により照明する。スリット光によってレチクル1を照明している間、レチクル1を保持しているレチクルステージ（原版ステージ）3とウエハ（基板）9を保持しているウエハステージ（基板ステージ）10は、一方が他方に同期しながらスキャン移動する。このような同期スキャンを通して、結果としてレチクル1上のパターン全体が投影光学系4を介してウエハ9上に連続的に結像し、ウエハ9表面に塗布されたレジストを感光させる。

10

【0062】

レチクルステージ3やウエハステージ10の二次元的な位置は、参照ミラー11とレーザー干渉計12によってリアルタイムに計測される。この計測値に基づいて、ステージ制御装置13は、レチクル1（レチクルステージ3）やウエハ9（ウエハステージ10）の位置決めや同期制御を行う。ウエハステージ10には、ウエハ9の上下方向（鉛直方向）の位置や回転方向、傾きを調整、変更或いは制御する駆動装置が内蔵されており、露光時は、この駆動装置により投影光学系4の焦点面にウエハ9上の露光領域が常に高精度に合致するようにウエハステージ10が制御される。ここで、ウエハ9上の面の位置（上下方向位置と傾き）は、不図示の光フォーカスセンサーによって計測され、ステージ制御装置13に提供される。

20

【0063】

露光装置本体は、不図示の環境チャンバの中に設置されており、露光装置本体を取り巻く環境が所定の温度に保たれる。レチクルステージ3、ウエハステージ10、干渉計12を取り巻く空間や、投影レンズ4を取り巻く空間には、更に個別に温度制御された空調空気が吹き込まれて、環境温度が更に高精度に維持される。

30

【0064】

この実施形態では、投影光学系4とウエハ9との間の空間或いは間隙を液体で満たす液浸法は、ウエハ9の上方かつ投影光学系4の近傍に配置された液体供給ノズル5と、投影光学系4を挟んで液体供給ノズル5の反対側に配置された液体回収ノズル6によって実現される。

40

【0065】

以下、この実施形態において実施される液浸法について詳細に説明する。露光中にウエハ9をスキャンする方向の上流側であって投影光学系4の近傍に液体供給ノズル5が配置されている。ここで、スキャン方向の上流側とは、例えば、ウエハを右から左に向かって左方向（第2方向）に移動させる場合について説明すると、その反対方向（第1方向）である右側である。すなわち、スキャン方向（第2方向）を矢印で示した場合に、矢印の始点側の方向（第1方向）が上流側である。投影光学系4を挟んで液体供給ノズル5の反対側（すなわち、スキャン方向の下流側）には、液体回収ノズル6が配置されている。

【0066】

液体供給ノズル5は、供給管16を介して液体供給装置7と接続されており、同様に液体回収ノズル6は、回収管17を介して液体回収装置8と接続されている。液体供給装置7

50

は、例えば、液体を貯めるタンク、液体を送り出す圧送装置、液体の供給流量の制御を行う流量制御装置を含みうる。液体供給装置7には、更に、液体の供給温度を制御するための温度制御装置を含むことが好ましい。液体回収装置8は、例えば、回収した液体を一時的に貯めるタンク、液体を吸い取る吸引装置、液体の回収流量を制御するための流量制御装置を含みうる。液浸制御装置18は、更に、ウエハステージ10の現在位置、速度、加速度、目標位置、移動方向といった情報をステージ制御装置13から受けて、これらの情報に基づいて、液浸の開始や中止、流量等の制御指令を液体供給装置7や液体回収装置8に与える。

#### 【0067】

液浸用の液体は、露光光の吸収が少ないものから選ばれ、更に石英や蛍石などの屈折系光学素子とほぼ同程度の屈折率を有することが望まれる。具体的には、液浸用の液体としては、純水、機能水、フッ化液（例えば、フルオロカーボン）などが候補として掲げられる。液浸用の液体は、予め脱気装置を用いて溶存ガスが十分に取り除かれたものが好ましい。これは、気泡の発生を抑制し、また、気泡が発生しても即座に液体中に吸収できるからである。例えば、環境気体中に多く含まれる窒素、酸素を対象とし、液体に溶存可能なガス量の80%以上を除去すれば、十分に気泡の発生を抑制することができる。もちろん、不図示の脱気装置を露光装置に備えて、常に液体中の溶存ガスを取り除きながら液体供給装置7に液体を供給してもよい。脱気装置としては、例えば、ガス透過性の膜を隔てて一方に液体を流し、もう一方を真空にして液体中の溶存ガスをその膜を介して真空中に追い出す、真空脱気装置が好適である。

10

20

#### 【0068】

次に、図2を参照しながら、投影光学系4とウエハ9の間に液を満たす工程を説明する。

#### 【0069】

まず、ウエハ9が静止した状態又は移動している状態で、液体供給ノズル5よりウエハ9上に、例えばほぼ一定流量で液体fを供給し、液体供給ノズル5の下面とウエハ9の上面に液体を密着させることで、十分な液膜を形成する（図2（a））。

30

#### 【0070】

次に、供給ノズル5より液体を供給し続けたまま、ウエハ9の移動を開始し又は更に移動させ、（図2（a））で形成した液膜を途切れさせることなく、ウエハ9の移動を利用して投影光学系4下面まで液膜を導く（図2（b）、図2（c））。

40

#### 【0071】

ウエハ9が更に移動して露光開始位置に至るとスリット光によるスキャン露光が開始される（図2（d））。スリット露光中においても、図2（c）と同様に、供給ノズル5より液体を供給し続け、更に、投影光学系4に対してスキャン方向Sの下流側（図2では、左側）より流出する液体を回収ノズル6で回収することにより、ウエハ9と投影光学系4の間が安定して液で満たされる（図2（d））。

#### 【0072】

ウエハ9が更に移動して露光終了位置に至るとスリット光による露光が終了する（e）。スリット光による露光が終了すると、液体供給ノズル5からの液体の供給を停止し（図2（e））、ウエハ9をスキャン方向Sに移動させながら、ウエハ9上に残った液体を液体回収ノズル9によって回収する（図2（f）、図2（g））。

#### 【0073】

以上のように、ウエハ9の移動に伴って液膜が広がるように、ウエハ9を移動させながらウエハ9の表面上に連続的に液体を供給する方法によれば、投影光学系4の最終面とウエハ9との間隙を連続的な液膜（途切れない液膜）で満たすことができる。そして、このような方法によれば、投影光学系4とウエハ9との間隙にノズルを向けて該間隙に液体を供給する特許文献2に記載された方法に比べて、投影光学系4とウエハ9との間隙が小さい場合においてもその間隙に確実に液膜を形成することができ、しかも、その液膜中の存在しうる気泡を低減することができる。また、このような方法によれば、液膜はウエハ9に対する相対速度が遅いので、液体回収ノズル6を通して確実に回収されうる。したがって、外部

50

への液体の飛散が効果的に防止されうる。

【0074】

上記のような液体の供給・回収のシーケンスは、露光ショット領域毎（レチクル像の1回の転写毎）に実施されてもよいし、ウエハ上の全部又は一部の露光ショット領域を1つの単位として実施されてもよい。後者の場合、露光ショット領域間でのウエハのステップ移動時においても液体の供給及び回収を実施してもよいし、ステップ移動時においては液体の供給及び回収を停止してもよい。

【0075】

上記のような液浸は、ウエハを静止させた状態で露光を実施する露光装置（いわゆるステッパー等）にも適用することができる。この場合は、例えば、露光ショット領域間でウエハをステップ移動させる際に、次に露光すべき露光ショット領域と投影光学系4の下面との間に液膜を広げるように液体の供給及び回収を制御すればよい。

10

【0076】

次に、図3～図7を参照しながら液体供給ノズル5と液体回収ノズル6の具体的な構成及び配置の好適な例を説明する。

【0077】

図3は、図1の露光装置をウエハ9より上方で切断し、見下ろした平面図である。投影光学系4の最終面4sを挟んで、ウエハ9の移動方向S（投影光学系4から見て+X方向）の上流側（投影光学系4から見て-X方向）に液体供給ノズル5が、下流側（投影光学系4から見て+X方向）に液体回収ノズル6が配置されている。ウエハの移動方向は、露光装置がスキャナー（走査露光装置）である場合には、露光時のウエハのスキャン方向と同じにすることが安定して液膜を形成する上で望ましい。

20

【0078】

液体供給ノズル5は、その下面（下端）が投影光学系4の最終面（下面）4sとほぼ同じ高さかそれよりも若干高くなるように配置されることが好ましく、これによって、空気層を排除しながら液体が投影レンズ4の最終面に十分密着しながらウエハとともに移動することができ、液膜への気泡の混入を防ぐことができる。

【0079】

液体回収ノズル6は、その下面（下端）が投影光学系4の最終面（下面）4sとほぼ同じ高さかそれよりも若干低くなるように配置されることが好ましく、これにより液体の取りこぼし（完全に回収できないこと）を防止しながら、ウエハ上の液体を効率よく回収することができる。

30

【0080】

液体供給ノズル5の液体を吐出する出口の総長L1は、少なくとも露光光束が通る領域の長さLeと同じかそれより長いことが好ましく、投影光学系4の最終面4sの幅と同じかそれより長いことが更に好ましい。液体回収ノズル6の長さL2は、液体供給ノズル5の液体吐出口の長さL1と同じかそれよりも長いことが好ましく、投影光学系最終面4sの幅と同じかそれより長いことが更に好ましい。

【0081】

供給ノズル5からウエハ9と投影光学系4の下面との間の空間（液浸空間）に供給する液体の流量Vは、式（1）に従って決定することが望ましい。

40

【0082】

$$V \geq L_1 \cdot d \cdot v \quad \dots \text{式 (1)}$$

ここで、dは、ウエハと投影光学系最終面（下面）との間の液を満たす部分の間隔である。vは、液浸時のウエハの移動速度であり、スキャン露光時においてはウエハのスキャン速度が適用される。

【0083】

さらに、液体供給ノズル5から液浸空間に供給する液体の流量Vは、供給ノズル5の液体吐出口での液体の平均流速を $\mu$ とすると、式（2）で示される。

【0084】

50

$$V = L \cdot w \cdot \mu \quad \dots \dots \text{式 (2)}$$

ここで、 $w$  は、液体吐出口の幅である。式 (1) と式 (2) より式 (3) が導かれる。

【0085】

$$\mu \geq d \cdot v / w \quad \dots \dots \text{式 (3)}$$

即ち、より一般的には、供給ノズル 5 の液体吐出口における液体の平均流速（即ち吐出口単位面積あたりの供給流量）が、投影光学系最終面 4 s とウエハ 9 との間隙の間隔  $d$  とウエハステージ 10 の移動速度  $v$  との積を吐出口の幅  $w$  で除した値と等しいかそれより大きくなるように、供給する液体の流量を決定すればよい。ここで、 $w$  を厳密に定義すると、対応する液体供給ノズル 5 におけるウエハ 9 の移動方向に沿った液体吐出口の幅の最小値となる。

10

【0086】

ウエハの端部から露光を開始することを可能にするためには、ウエハの端部が露光領域（露光光が照射される領域）に到達する前に投影光学系 4 の最終面（下面）4 s の下に液膜を十分成長させる必要がある。そこで、図 3 に示す構成例では、ウエハ 9 の外側に、ウエハ 9 とほぼ同じ高さの同面板（平面板）19 を設けることにより、ウエハ 9 の外側の領域においても液膜を形成することを可能にしている。

【0087】

図 4 は、液体供給ノズル 5 及び液体回収ノズル 6 の構成及び配置に関する第 2 の構成例を示す図である。図 4 に示す第 2 の構成例は、液体供給ノズル 5 と液体回収ノズル 6 の口が連続部材 20 a、20 b の面（ウエハステージ又はウエハに對向する対向面）内に設かれている点で図 3 に示す第 1 の構成例と異なる。

20

【0088】

連続部材 20 a 及び 20 b の底面（対向面）は、投影光学系最終面 4 s とほぼ同じ高さである。また、投影光学系最終面 4 s の外周端は、投影光学系 4 の鏡筒の外周部と密接するように配置されている。このような構成によれば、ウエハ 9 と液体供給ノズル 5 の底面との間隔、ウエハ 9 と液体回収ノズル 6 の底面との間隔、及びウエハ 9 と投影光学系最終面 4 s との間隔をほぼ同一にし、更に、液体供給ノズル 5 の底面、投影光学系最終面 4 s、液体回収ノズル 6 の底面を連続した面として構成することができる。

【0089】

投影光学系最終面 4 s から連続した面内に各ノズル 5、6 を配置した構成は、次のような利点を有する。液体供給ノズル 5 から供給された液体は、液体供給ノズル 5 が開口した連続部材 20 a の底面とウエハ 9 とに密着して液膜を形成する。この液膜は、ウエハ 9 とともに、連続部材 20 a の底面に対して連続して繋がった投影光学系最終面 4 s に向かって進む。したがって、この液膜は、投影光学系 4 の最終面 4 s、更には連続部材 20 b の底面にスムーズに進入することができる。このように、投影光学系最終面 4 s とそれに連続した連続部材 20 a、20 b は、それらとウエハ 9 との間隙のほぼ全面を液体で満たすことを可能にする。

30

【0090】

また、液膜は常にその上面及び下面が平面と密着しながらウエハ 9 とともに移動するので、液膜を取り巻く環境（気体）との接触は実質的に液膜の側面のみとなる。したがって、液膜と気体との接触面積が小さく、更に液膜は、ほぼ一定の間隙を流れるために速度変化が少なく流れに乱れが起りにくく、液膜中に気泡が発生しにくい。また、このことは液体中への気体の溶解を低減するため、温度や局所的な圧力変化に起因して液膜中に微少気泡が発生することを抑制することができる。

40

【0091】

連続部材 20 a、20 b は、その底面（下面）が投影光学系 4 の最終面（下面）4 s と連続している限り、薄板形状であってもよいし、ブロック形状であってもよいし、その他の形状を有してもよい。また、連続部材 20 a、20 b は、ノズル 5、6 の底面及び／又は投影光学系 4 の鏡筒の底面と一体化した部分として構成されてもよい。

【0092】

50

図5は、液体供給ノズル5と液体回収ノズル6の構成及び配置に関する第3の構成例を示す図である。図5に示す第3の構成例は、液体供給ノズル5(5a、5b)と液体回収ノズル6(6a、6b)の双方を投影光学系最終面4sを挟んで両側に配置した点で、図4に示す第2の構成例と異なる。

【0093】

液体供給ノズル5a、5bは、相対的に投影光学系4の最終面4sに近い位置に投影光学系4を挟むように配置され、液体回収ノズル6a、6bは、相対的に投影光学系4の最終面4sから遠い位置、すなわち液体供給ノズル5a、5bの外側に配置されうる。

【0094】

図5に示す矢印の+X方向にウエハ9が移動している際は、液体供給ノズル5aからウエハ9と最終面4sとの間隙に液体を供給し、液体供給ノズル5bからの供給は停止する。このとき、液体回収ノズル6bにより殆どの液体は回収されうる。しかしながら、液体供給ノズル5aから供給される液体の流量によっては反対方向にも液体が流れる可能性がある。そこで、液体回収ノズル6bの他、液体回収ノズル6aも動作させ、逆方向に流れる液も回収することにより、液体の飛散やこぼれを防止することができる。このような効果を考慮すると、液体回収ノズルは、投影光学系最終面4sの周囲を取り囲むように全周に配置されることが好ましく、液体供給ノズルから液体が供給される際には常に液体回収ノズルを作動させることが好ましい。

10

【0095】

一方、図5に示す矢印の-X方向にウエハ9が移動している際は、上記とは逆に、液体供給ノズル5bより液体を供給し、5aからの液体の供給は停止する。これにより、ウエハの移動方向の正逆に関わらず、常にウエハ9と投影レンズ最終面4sとの間隙を液体で満たすことができる。また、双方のノズル5a、5bからの液体の供給を切り替えることでも、ウエハの移動方向を反転させる際にも、液膜を途切れさせずに（液膜を分離させずに）、ウエハ9と投影レンズ最終面4sとの間隙を液体で満たすことができる。

20

【0096】

投影レンズ最終面4sの形状は円形である必要はない。例えば、ノズルに面する部分を直線とし、例えば図5のような俵形にすることにより、液体供給ノズル5a、5bと液体回収ノズル6a、6bをより露光光束の光路に近づけることができる。これにより、液体を満たすために必要な時間やウエハの移動距離を少なくすることができる。特にスキャナーの場合は、露光光束がウエハ面上でスリット形状であり、それに近接する投影レンズ最終面4sにおいてもスキャン方向に短くスキャン方向に直交する方向に長い断面形状の光束が使われる。そこで、このような光束の断面形状に合わせて、投影光学系4の最終面の形状をスキャン方向の幅が狭い俵型等の形状にすることができる。もちろん、投影光学系の最終面の形状は俵型に限られるものではなく、矩形や円環弧（円環の一部分）の形状など、様々な形状にしうる。

30

【0097】

図6は、液体供給ノズル及び液体回収ノズルの構成及び配置に関する第4の構成例を示す図である。図6に示す第4の構成例では、投影光学系最終面4sを取り囲む周囲4辺にそれぞれ液体供給ノズル5a～5dを設け、更に、それらの外周を取り囲むように液体回収ノズル6a～6dを設けている。図中矢印+X方向にウエハが移動するときは、このウエハ移動方向における上流側に設けられた液体供給ノズル5aより液体を供給し、矢印-X方向にウエハが移動するときは、液体供給ノズル5bより液体を供給する。また、矢印+Y方向にウエハが移動するときには、供給ノズル5cから液体を供給し、矢印-Y方向にウエハが移動するときには、液体供給ノズル5dから液体を供給する。

40

【0098】

液体の回収は、ウエハの移動方向における下流側に配置された液体回収ノズルによって殆どが行われるため、対象となる回収ノズルのみを作動させる構成であってもよい。しかしながら、誤動作などの不測の事態に備えて、液体回収ノズル6a～6cは、この4つすべてを少なくとも液体を供給している間は同時に作動させた方が、液体の飛散やこぼれをよ

50

り確実に防止することができる。もちろん、複数個の液体回収ノズルを配置する代わりに、投影光学系最終面 4 s の周囲を取り囲むように全周にわたった一つの液体回収ノズルを配置してもよい。液体供給ノズル 6 a～6 c から供給する液体の流量は、式(3)に従つて決定すればよい。以上のような構成によれば、ウエハの移動方向は、X、Y 方向に制限されず、斜め方向への移動においても液膜の維持が可能となる。

#### 【0099】

このように、投影光学系最終面 4 s を取り囲むように複数の液体供給ノズルを配置し、更にウエハ移動時には、その移動方向における上流(投影光学系から見て移動方向の反対側)に配置された液体供給ノズルから液体が供給されるように、供給に使用する液体供給ノズルを切り替えることにより、ウエハの移動方向によらず投影光学系最終面 4 s とウエハとの間隙を常に液体で満たすことが可能となる。その結果、スキャン露光中だけでなくウエハ面内のステップ移動中やウエハの移動方向を変える際ににおいても、常に液膜を途切れさせずに、ウエハ 9 と投影レンズ最終面 4 s の間を液体で満たしておくことができる。これにより、一枚のウエハの中で露光開始からウエハ全面の露光が完了するまで、投影光学系最終面 4 s とウエハ 9 との間隙を液膜を途切れさせることなく常に液体で満たすことが可能となる。その結果、ショット毎に液膜を形成する必要がなくなり、露光装置の生産性が大幅に向上する。

10

#### 【0100】

図 7 は、液体供給ノズル及び液体回収ノズルの構成及び配置に関する第 5 の構成例を示す図である。この構成例では、液体供給ノズル 5 a～5 h と液体回収ノズル 6 a～6 h が、投影光学系最終面 4 s の外周を取り囲むように、円周上に並べられている。液体供給ノズルは、液体回収ノズルの内側に配置される。このように、各ノズルを円周上に配置することで、ウエハステージ 10 が斜めに移動する場合においても、その移動方向における上流にほぼ対応する液体供給ノズルから液体を供給し、少なくとも移動方向下流に位置する液体回収ノズルから液体を回収することで、投影光学系最終面とウエハとの間隙を液体で満たすことが可能となる。

20

#### 【0101】

例えば、ウエハが矢印で示すように +X、+Y 方向の斜め 45° に移動する場合は、少なくとも液体供給ノズル 5 b と 5 c から液体を供給し、少なくとも液体回収ノズル 6 f と 6 g から液体を回収するように各ノズルを制御すればよい。このように、各ノズルを円周上に配置することによって、より柔軟にウエハの様々な移動方向に対応して液膜を形成することができる。図 7 では、複数個の分割された液体回収ノズルが示されているが、第 4 の構成例に関して説明したことと同様に、誤動作などの不測の事態に備えて、液体回収ノズル 6 a～6 h のすべてを少なくとも液体を供給している間は同時に作動させた方が液体の飛散やこぼれをより確実に防止することができる。もちろん、複数の液体回収ノズルを配置する代わりに、投影光学系最終面 4 s の周囲を取り囲むように全周にわたった一つの液体回収ノズルを配置してもよい。

30

#### 【0102】

ウエハと投影レンズ最終面 4 s との間隙が液体で満たされていない状態や、液体の満たし方が不完全で未だ間隙に気体が存在する場合には、これまで説明したように、ウエハの移動方向の上流側から液体を供給することが好ましい。しかしながら、完全にウエハ 9 と投影レンズ最終面 4 s との間隙が液体で満たされた後は、ウエハの移動方向に拘わらず、すべての液体供給ノズルから液体を供給してもよい。この場合、供給する液体の流量や回収流量が増え、ランニングコストが高くなる欠点がある反面、供給ノズルの切り替えを頻繁に行う必要がなくなるため、切り替えに要する時間がなくなり、露光装置の生産性が向上する。また、供給ノズルを高速で切り替える駆動装置が不要となり、更には液体供給装置を小型化できるという利点もある。このような液体の供給の制御は、図 7 に示す構成例に限られず、図 5、図 6 に示すノズルの構成にも適用することができ、この場合においても同様の効果を得ることができる。

40

#### 【0103】

50

図7に示す構成例において、液体供給ノズルから供給する液体の流量については、基本的には、個々の液体供給ノズルに対してそれぞれ式(3)を適用して決定すればよい。また、これを簡略化して、すべての液体供給ノズルから同一流量の液体を均一に供給することができる。この場合は、図7に示す構成例においては液体供給ノズルの吐出口の形状が露光光束の中心の周りに同様に配置されているので、ウエハの移動方向によらず液体供給口の幅を一定値 $w'$ とし、式(4)に従って総流量 $V'$ を決定すればよい。

## 【0104】

$$V' \geq \pi \cdot D \cdot d \cdot v \quad \cdots \text{式(4)}$$

ここで、 $\pi$ は円周率、 $D$ は吐出口の平均直径、 $d$ はウエハと投影光学系最終面との間隔、 $v$ は液浸時のウエハの移動速度である。

10

## 【0105】

次に、本発明の他の好適な実施形態を図8と図9を参照しながら説明する。図8は、投影光学系最終面4s及びその周辺に設けられた各ノズルの上方からウエハステージ10を見た平面図である。なお、本来の作図法によれば、各ノズル5、6の吹き出し口は、ウエハ9に対向するように設けられているため、上方から見た平面図では隠れ線(破線)によつて表されるべきであるが、解りやすくするために実線で表現している。

20

## 【0106】

ウエハステージ上10に吸着されたウエハ9に隣接して平面板21が設けられている。平面板21は、その上面がウエハステージ10上に真空吸着などによって固定されるウエハ9の上面とほぼ同じ高さになるように、配置されている。投影光学系最終面4sの直下に平面板21が位置している際に、ウエハ9をウエハステージ10上から回収し、及び、ウエハ9をウエハステージ10上に載置することができるよう、不図示のウエハ搬送装置が配置されている。

20

## 【0107】

図9を参照しながら本実施形態の工程を説明する。図9は、図8の主要部の横断面図を用いて各部の挙動を工程順に示している。

## 【0108】

露光中は、必要に応じて液体供給ノズル5より液体が供給され、液体回収ノズル6により液体が回収されつつ、ウエハ9と投影光学系最終面4sとの間隙が液体で常に満たされた状態に維持される(図9(a))。一枚のウエハ9に対する一連の露光が終了した時点で、ウエハ9に隣接する平面板21が投影光学系最終面4sの直下に位置するようにウエハステージ10を移動する(図9(b))。ウエハステージ10を移動する際には液体供給ノズル5より液体を供給し、液体回収ノズル6より液体を回収し続けることにより、平面板21が投影光学系最終面4sの下に位置した状態においても、投影光学系最終面4sの下は常に液体で満たされている。次に、この状態を維持しつつウエハステージ10上に吸着固定されている露光済みのウエハ9をウエハステージ10より不図示のウエハ収納部に回収する。更に、新しいウエハ9'をウエハステージ10上に載置し、吸着固定させる(図9(c))。

30

## 【0109】

そして、液体供給ノズル5から液体を供給し、液体回収ノズル6によって液体を回収しながらウエハステージ10を移動し、投影光学系最終面4sの下に常に液体を満たし続けながら、ウエハ9'を投影光学系最終面4sの直下に送り込む(図9(d))。

40

## 【0110】

このように、露光終了後においても液体の供給と回収を続けながら平面板21を露光位置に移動させることで、ウエハ上の液体の殆どを回収することができる。したがって、特別な液体の回収動作をすることなく、ウエハの交換をスムーズに行うことができるため、露光装置の生産性を向上させることができる。更に、投影光学系最終面4sはウエハの交換に関わらず常に液体で満たされるため、環境雰囲気に含まれる不純物が直接的に投影光学系最終面4sに触れることがない。しかも、液体と空気との接触部が最小限に抑えられるため、液体中に取り込まれる不純物の量が最小限に抑えることができる。したがって、不

50

純物による投影光学系最終面4sの曇りを抑制することができる。

【0111】

逆に、ウエハ交換の度に液体を回収した場合には、投影光学系最終面4sの表面は、一時的に薄い液膜が付いた状態に置かれる。液体が純水などの場合には、環境中に含まれる無機成分や親水性の有機成分が純水の膜の中に取り入れられやすく、純水が蒸発したときには、無機成分や有機成分が投影光学系の表面に残存し、曇りの原因となる可能性が非常に高い。

【0112】

また、図9(b)、(c)に示すように、ウエハステージ10上のウエハを交換している最中には、投影光学系最終面4sと平面板21との間に液膜が維持されている状態になっているが、この直前まで液膜はウエハ上に塗布された感光剤表面に接して露光光を受けていたことになる。感光剤が露光される時には多かれ少なかれ感光剤に含まれていた成分がガス状物質となって放出され、その上面に接している液膜にこのガス状物質が溶け込んでしまう。

10

【0113】

露光直後の液膜にはこのガス状物質が溶け込んだ汚染された状態になっているため、次の露光開始前までに液膜を新しい液体に十分に置換した方がよい。さもなければ、溶け込んだ不純物によって液膜中の透過率が変化して露光量制御に悪影響を与え、線幅バラツキの増大など露光装置の生産性を悪化させる不具合が生じる可能性がある。更に、溶け込んだ不純物が過飽和の状態になって気泡として発生し結像不良が生じる懸念もある。液膜中に溶け込んだ不純物が露光光によって化学反応を引き起こし、それが投影光学系最終面の曇りの原因となる可能性もある。そこで、以下では、このような問題とその解決方法について考える。

20

【0114】

液体供給ノズル5から絶えず新しい液体が供給され、液体回収ノズル6から絶えず回収されている状態であれば、置換速度が遅いとしても、一応液膜は新しい液体で置換されることになる。したがって、ウエハ9上あるいは平面板21上において、ノズル5、6による供給と回収だけで次の露光に十分な液膜の純度が高められることもあると考えられる。また、供給及び回収の流量を露光直後に大きくし、露光直前に元の流量に戻すことにより、液膜の純度をさらに改善することができる。この場合において、流量の変更とともにウエハ9及び平面板21を移動させ、さらに流量の変更量に応じてウエハ9及び平面板21の移動速度も変更した方が液膜の置換速度が上がる。ウエハ9又は平面板21を往復又は回転運動させながら液体の供給・回収を行えば、連続的に液膜を置換することができるの更によい。

30

【0115】

このような供給流量と回収流量の増減をショット領域毎に実施してもよいし、ウエハ毎に実施してもよいし、必要に応じて実施する間隔やタイミングを変えられるようにしても良い。しかし、使用する感光剤の材質によっては露光をしていない状態でもアウトガスが発生するため、感光剤上に液膜が接触するだけで汚染が進行する場合もあり、更に必要な露光量に対して非常にアウトガスの多いものもある。したがって、予想以上に液膜が汚染されやすい場合もある。

40

【0116】

そこで、より積極的に投影光学系最終面下の液膜を新しい液体と置換する別の方法として、図8のように平面板21の中央などの適切な位置に液体吸引口22を設けてもよい。この吸引口22には不図示の吸引ポンプやシリンドーなどの吸引装置が接続されており、気体や液体を吸引することができる。即ち、図10に示すように、投影光学系最終面4s直下に平面板21が送り込まれた状態で、吸引口22から液体を回収すると同時に、液体供給ノズル5から供給される液体の流量を少なくとも吸引口22から吸引される量と同じ流量だけ増やす。これにより投影光学系最終面下の液膜の殆どは、外周方向（液体回収ノズル6方向）ではなく中央の吸引口22に向かう流れを持つこととなり、平板21が静止し

50

ている状態においても、この液膜を常に新しい液体で置換し続けることができる（図10（b）、図10（c））。

【0117】

以上のような構成により、投影光学系最終面下における液体の置換速度が飛躍的に向上する。また、汚染の懸念のある感光剤上ではなくステンレス鋼やフッ素樹脂等の化学的に汚染されにくく清浄度を保ちやすい材質を適用できる平面板21上で液膜の置換を行うので、非常に純度の高い液体で投影光学系最終面の下の間隙を満たすことができる。したがって、外気中に存在する不純物や感光剤表面から発生する不純物ガス成分が投影光学系最終面に与える疊りなどの影響を更に効果的に抑えることができる。

【0118】

図9、図10に示すような平面板21上での液膜の置換は、ウエハ交換時に限定されるものではなく、一枚のウエハの一連の露光シーケンス中においても、定期・不定期に拘わらず、必要に応じて実施することができる。

【0119】

図9、図10に示す構成例では、ウエハステージ上に平面板21を設け、ウエハステージと不図示のウエハ搬送装置との間でウエハを受け渡しする際に、投影光学系最終面4s直下に平面板21が位置する。しかしながら、平面板21は、例えば、露光前に実施する不図示のオファクシス顕微鏡による位置合わせ計測工程を行う際など、露光前後に必要な各種作業や露光装置の維持・管理に必要な各種作業を行う際ににおいても、投影光学系最終面の直下に位置するように構成されてもよい。ここで、複数のウエハステージ位置において投影光学系最終面の直下に平面板21や吸引口22が必要な場合は、複数の平面板や吸引口をウエハステージ上に配置してもよい。もちろん、図3で示した同面板19のように、ウエハを取り囲むように平面板を配置してよく、この平面板に複数の吸引口を各種工程を行う際の投影光学系最終面の位置に合わせて設けてもよい。

【0120】

図9、図10では、平面板21がウエハステージ10上に配置されているが、不図示の専用の駆動装置を設けて、平面板21をウエハステージ10から独立して移動できるように構成してもよい。ただし、この場合は、平面板21は、ウエハステージ10上に吸着固定されたウエハとの間に大きな間隙が形成されないように駆動されるべきである。例えば、図9（a）から（b）の状態に移行する際や、図9（c）から（d）の状態に移行する際には、ウエハステージ10と平面板21は、互いに隣接する位置関係を保つように連携しながら投影光学系最終面付近を移動するように駆動されるべきである。ここで、少なくともウエハと平面板21との間隙が投影光学系最終面の直下を通過する間は、平面板21の高さがウエハ上面とほぼ同じ高さに維持されるべきである。

【0121】

投影光学系最終面と平面板21との間に液膜を移動させた後は、平面板21についてはその位置を維持し、ウエハステージ10についてはその位置を任意に変更し、種々の工程を行なうことができる。このように平面板21をウエハステージ10から独立して移動させる機構を設けることにより、ウエハステージ10が露光以外の種々の作業のために使用されている時間区間を利用して、投影光学系最終面の下を液体で満たし続けることができる利点がある。また、このような機構を設けることにより、複数の平面板や吸引口を設けたり、平面板を大きくしたりする必要がなくなるので、露光装置を小型化することができる。

【0122】

平面板21の適当な箇所に露光光の照度分布を計測するための照度ムラセンサや、露光光の絶対照度を計測するための絶対照度計を設けてもよい。この場合、一旦液体を回収することなく投影光学系最終面下に液体を満たし続けたままで、しかも露光状態とほぼ同じ液浸状態で照度ムラや絶対照度を計測することができる。これにより、露光装置の生産性を落とすことなく、高い精度で照度ムラや絶対照度を計測することができる。以上のように、平面板はウエハステージとは個別に移動できることが生産性の点で好ましいが、走査型露光装置の場合においては、走査時の積算照度ムラを計測できる点で照度ムラセンサを平

面板と一緒にウエハステージ上に配置することにも利点がある。

【0123】

吸引口22から気体や液体を吸引する機能を用いることにより、投影光学系最終面4sへの初期液膜の生成をより迅速に行うことができる。図11を参照しながら吸引口22を用いた初期液膜の生成方法を説明する。

【0124】

初めに、投影レンズ最終面4sの外周を囲むように配置された液体供給ノズル5のほぼ中央の直下に、吸引口22が位置するように平面板21を移動させる。この状態において、液体供給ノズル5の全周から液体を平面板21上に供給する(図11(a))。

10

【0125】

供給された液体は、投影レンズ最終面4sを含む平行平面(連続部材)20と平面板21の間に、中央に気体gを残したまま、液体供給ノズル5の配置に従って周状或いは環状に液膜fを形成する。このまま液体を供給し続けただけでは、液膜fの内側に気体gが封じ込められているため、気体gは外に排出されない。したがって、投影レンズ最終面4sの下の空間を何時まで経っても液体で完全に満たすことはできない。

【0126】

そこで、液体供給ノズル5から液体を周状或いは環状に最終面4s下の空間に供給した状態で吸引口22を通して気体gを吸引する。この吸引によって気体gの圧力は外部環境の圧力よりも負圧になり、外周に形成されている液膜には、この圧力差によって、外周から吸引口22に向かう力が働き、液膜は吸引口22に向かって速やかに広がり始める(図11(b))。更に、吸引口22を通して吸引を続けると、液体が吸引口22を通して吸引され始める頃には、投影光学系最終面4sと平面板21との間の隙間は、気体gのない液膜で満たされる(図11(c))。

20

【0127】

次に、吸引口22からの吸引を停止する。吸引を停止した状態では、ウエハステージ10が停止している間は液体供給ノズル5からの液体の供給を停止してもよい。しかしながら、液体が静止した状態では、周囲環境を構成する気体や不純物が絶えず液体の中に取り込まれている。そのため、気泡や不純物の濃度が高くなり、発生した気泡が消失せずに露光時まで残ったり、露光によって微少な気泡が発生したり、更には取り込まれた不純物によって投影光学系最終面が曇ったりする不具合が生じうる。この不具合を避けるためには、ウエハステージ10が停止している間も絶えず液体を供給し続け、この液体を供給している間は、少なくとも液体回収ノズル6により液体を回収することが好ましい。

30

【0128】

図11(a)～(c)の間は、液体回収ノズル6は停止しておいてもよいが、振動や突発的な液体供給量の変動などにより外部に液体が飛び散るのを防ぐためには、常に液体回収ノズル6は稼働させておくことが好ましい。

【0129】

最後に、液体の供給と回収を続けたまま投影光学系最終面の直下にウエハ9が位置するようウエハステージ21を移動させる(図11(d))。

40

【0130】

このように、吸引により、周状或いは環状に形成された液膜を中央に向かって成長させれば、より迅速に気泡の無い液膜を形成することが可能であり、ひいては露光装置の生産性を向上させる利点がある。また、この方法によれば、ステージの移動が不要であるため、より開口数の大きい投影光学系を採用した場合など、特に大きな面積の液膜を生成する方法としても適している。

【0131】

もちろん、吸引口22を用いることにより、液膜の回収を迅速に行うこともできる。即ち、投影光学系最終面4sと平面板21との間に液膜を移した状態から、液体供給ノズル5からの液体の供給を停止し、吸引口22より液体を吸引することで、投影光学系最終面4sと液体吸引板21の間にあった液膜の殆どを迅速に回収することができる。この時、液

50

体の回収をより完全に行うために、ウェハステージ10を動かしながら液体を吸引してもよい。この液膜の回収機能を使用することによって、即座に液膜を回収することができるため、装置の保守・点検作業や故障時の対応作業を遅滞なく迅速に開始することが可能となる。

【0132】

図11を参照しながら、平面板21に設けた吸引口22を用いることにより、初期液膜を迅速に生成する方法を説明した。この方法とは別に、図12に示すように、吸引口22の代わりに液体注入口23を平面板21に設けて、不図示の液体供給装置から液体注入口23を通して液体を供給しても、以下のように初期液膜を迅速に生成することができる。即ち、図12において、まず初めに投影レンズ最終面4sの外周を囲むように配置された液体供給ノズル5のほぼ中央の直下に、液体注入口23が位置するように平面板21を移動させる。この状態から液体注入口23を通して液体を平面板21上に供給する。供給した液体は、投影レンズ最終面4sと液体注入口23を含む平面板21との間に、小さな液膜を形成する(図12(a))。

10

【0133】

さらに続けて液体注入口23を通して液体を供給することにより、この小さな液膜fは放射状に広がり(図12(b))、投影光学系最終面4sと平面板21との間隙が液体で満たされる。

【0134】

必要に応じて液体回収ノズル6を通して液体を回収することにより、平面板21や投影光学系最終面4sから液体がはみ出すことを防ぐことができる(図12(c))。

20

【0135】

また、液体注入口23を利用することでも、図10を参照して説明したことと同様に、平面板21を静止させた状態で、周囲に液体を飛散、漏出させることなく投影光学系最終面下の液膜を新しい液体で絶えず満たし続けることができる。具体的には、液体注入口23より液体を供給すると同時に、液体回収ノズル6を通して液体を回収する。もちろん、このときには、液体供給ノズル5からの液体の供給は中断した方がよい。

【0136】

このようにすれば、平面板21と投影光学系最終面4sとの間の空間のほぼ中央より液体を満たし始めるので、吸引口22を使って投影光学系最終面4sの外周より液体を満たし始める方法よりも、より周囲の気体との接触面積を小さくすることができる。したがって、初期液膜中に溶解する気体や気体中に含まれる不純物の量をより小さくすることができるため、より安定した露光・解像性能が得られ、また不純物による疊りに対する抑制効果を一層高めることができる。

30

【0137】

また、液体注入口23に加えて、図10、図11で示した液体吸引口22を、平面板21に設けて、初期液膜の生成や液膜の置換には液体注入口22を使用し、液膜部を周囲の環境気体に置換するための液体の回収には液体吸引口23を使用してもよい。液体注入口22の機能と液体吸引口23の機能を同じ開口部で実現することもできる。即ち、平面板21に設けた開口に対して、吸引装置(不図示)及び液体供給装置(不図示)の両方を切換バルブを介して連通させ、この切換バルブを切り替えることにより、吸引口22と注入口23の機能を必要に応じて切り替えることができる。このようにすれば平面板21をよりコンパクトにできる。

40

【0138】

図8～図12を参照して説明した平面板21、吸引口22、注入口23の適用は、本明細書において明示的に説明した液体供給ノズルや液体回収ノズルとの組み合わせにおいて使用されることに限定されず、例えばWO99/49504号公報に開示されている液体供給用や液体回収用の配管など、種々の液体供給・回収機構との組み合わせにおいて使用されうる。

【0139】

50

図13は、液体供給ノズルと液体回収ノズルの構成及び配置に関する第6の構成例を示す斜視図である。図13に示す構成例は、液体供給ノズル5が配置された液接触面20aの外周側に、液接触面20aよりもウエハに近い位置に配置された外周面(突出面)20cが設けられている点、すなわち、段差がある点が図6に示す構成例と異なる。外周面20cには、液体回収ノズル6が周状に配置されている。

#### 【0140】

このように、投影光学系最終面4sの液膜が形成される液接触面20aの外周側に、液接触面20aよりもウエハに近い位置に外周面20cを設けることにより、液体が液接触面20aの外側に逃げにくくなる。これによって、液体回収ノズル6を通して液体を回収する能力を小さくことを可能にし、ひいては液体回収ノズル6や液体回収装置8を小型化することができる。ここで、図13に示す構成例では、液体回収ノズル6が外側の面20c側に設けられているが、液体回収ノズルは、例えば20a側に設けられてもよいし、より確実な液体の回収のために面20a、20cの双方に設けられてもよい。

10

#### 【0141】

また、図13に示す構成例では、内側の面20aに対して段差をもって形成された外側の面20cが投影光学系最終面4sを全周にわたって取り囲む用に設けたが、例えば液浸時のウエハの移動方向が限定される場合には、外側の面20c或いは段差部は、ウエハの移動方向の下流側のみに設けられてもよい。この場合、外側20c或いは段差部の長さは、液体回収ノズルの長さと同じか、それよりも長いことが望ましい。

20

#### 【0142】

液体供給ノズル5や液体回収ノズル6のノズル口は、単なる開口として構成してもよいが、液の供給量や回収量の場所ムラを少なくし、更に液ダレしにくくするという点では、微少な穴を複数有する多孔板や多孔質体をノズル口に設けることが望ましい。特に纖維状や粒状(粉状)の金属材料や無機材料を焼結した多孔質体が好適である。またこれらに使用される材料(少なくとも表面を構成する材質)としてはステンレス、ニッケル、アルミナ、石英ガラスが液浸用媒体として使用される純水やフッ化液との相性の点で好適である。

#### 【0143】

図14は、液体供給ノズル及び液体回収ノズルの構成及び配置に関する第7の構成例を示す斜視図である。図14に示す構成例は、投影光学系最終面4sを取り囲む最外周部に不活性ガス吹き出し部24を設けた点で、これまでに挙げた第1～第6の構成例と異なる。

30

#### 【0144】

不活性ガス吹き出し部(吹き出し環)24は、不図示の不活性ガス供給装置と連通しており、その下方に配置されるウエハや平面板に向かって、ほぼ均一な速度で不活性ガスを吹き出すことができるよう構成されている。投影光学系最終面4sとウエハや平面板との間に液膜が形成されている状態で、不活性ガス吹き出し部24より不活性ガスを吹き出すことにより、この液膜に対してその外周側から不活性ガスにより圧力を加えることにより液膜を構成している液体が外に飛散することを防止することができる。この利点は、ウエハや平面板が移動している際に特に有効に機能する。また、不活性ガスを供給することにより、液膜が中心方向に押されるので、液膜がウエハや平面板の表面に付着したまま残ってしまうことを防止することができる。また、不活性ガスを供給することにより、ウエハや平面板の表面を乾燥させることができる。ここで、ウエハや平面板を乾燥させるためだけに不活性ガスを利用するのであれば、不活性ガスの圧力は低くてもよい。

40

#### 【0145】

また不活性ガス吹き出し部24には吹き出し速度の場所ムラを抑えるために、液体供給ノズル5と同様、その吹き出し口に多孔板や多孔質体をノズル口に設けても良く、またおよそ0.1mm程度の微少な隙間から不活性ガスを吹き出すスリットノズルとすれば、さらに不活性ガスの消費量を抑える利点があり尚良い。

#### 【0146】

以上のような構成によれば、ウエハや平面板の上面に液体が残存することをより確実に防止することができる。これは、ウエハ交換時や保守点検時に、残存した液体を回収するた

50

めのユニットや作業が不要とし、露光装置の生産性を向上させること、及び、装置の大型化を防ぐことに寄与する。また、不活性ガスの供給により、ウエハ上面に塗布された感光剤表面が濡れた状態に置かれる時間を短時間に抑え、さらに即座に感光剤表面を乾燥させることができる。したがって、感光剤の露光後の現像工程に影響を与える、濡れ状態に対する依存性を極力低減することができるため、安定した解像性能を感光剤に期待することができる。

#### 【0147】

図14に示す構成例では、投影光学系最終面4sとほぼ同面となる液接触面20aに液体供給ノズル5と液体回収ノズル6を設け、その外周側に平面20aよりもウエハに近い平面20cを設け、平面20cに不活性ガス吹き出し部を設けている。このように液接触面20aよりもウエハに近い面に不活性ガス吹き出し部を設けることにより、比較的少ないガス流量で、大きな圧力差を得ることができ、露光装置のランニングコストを抑え、また、不活性ガスが外部に与える影響を最小限に抑えることができる。もちろん、不活性ガス吹き出し部の効果は、これを液接触面20a内に設けた場合においても、十分に発揮される。また、図3～図5に示す構成例においても、液体供給口5や液体回収口6の外側であって、ウエハ移動方向の上流側に、それらと同じ長さかそれより長い不活性ガス吹き出し部を設けることができる。

10

#### 【0148】

図14に示す不活性ガス吹き出し部24の更に外周側に、不図示のガス吸い込み部（吸い込み環）を設けて、不活性ガス吹き出し部24から吹き出された不活性ガスを、このガス吸い込み部によって吸い込んで回収し、露光領域の周囲に影響を及ぼさない場所にその吸い込んだ不活性ガスを排気することにより露光領域の周囲の領域に与える不活性ガスの影響を最小限に抑えることができる。ここで、露光領域の周囲に与える不活性ガスの影響の代表的な例としては、例えば、不活性ガスがウエハステージの位置を計測する干渉計の光路や、光学的フォーカスセンサの光路に流れ込んで、光路中の気体の成分が時間的、空間的に不均一となり、それが計測値の揺らぎ成分となって計測誤差の原因となることが挙げられる。

20

#### 【0149】

またこの不活性ガスには、有機物や酸性ガス、アルカリ性ガスなど光学系の曇りや感光剤に影響を与える不純物や水分を十分に取り除いた空気や窒素を使用するのが適当である。また特に窒素を使用すれば投影光学系最終面下に満たされた液体中に、大気中の酸素が溶け込むのを防ぐことができるため、特に液体として純水や機能水を使用する場合に、液体との接触面が酸化腐食するのを防止できる利点がある。

30

#### 【0150】

図15は、液体供給ノズル5の好ましい構成例を示す図である。図3～図8、図13、図14に示した液体供給ノズル5の吹き出し口形状はスリット状である。これに対して、図15に示す構成例では、一つのノズルユニット（排出ユニット）5にn個（複数個）のノズルJ1～Jnを備えている。これらのノズルJ1～Jnは、それぞれ開閉バルブV1～Vnを介して液体供給装置7と接続されており、それぞれのノズルJ1～Jnに対応した開閉バルブV1～Vnの動作を切り替えることにより、液体をそれぞれ個別に供給・停止することができる。

40

#### 【0151】

また、これらのノズル群は、一列だけでなく、複数列に配置されてもよく、これによれば、供給流量を増やすことも可能であるし、さらには複雑な形状に液膜を形成することも可能である。

#### 【0152】

複数のノズルで構成されるノズルユニット5は、例えば図16に示すようにウエハ外周境界部から液浸を行う場合において、下方にウエハがあるノズルに対応する開閉バルブのみ開いて液を供給し、さらにウエハの移動に伴って下方にウエハが入ってくるノズルに対応するバルブを順次開いてさらに液をウエハ上に供給するように制御されうる。これにより

50

、液がウエハの外側にはみ出す事を防ぐことができる。これは、液体の回収のための装置負荷を低減する。

【0153】

図16では、ウエハが移動してノズル列の下方の領域内に入ってゆくケースを示しているが、ウエハがノズル列の下方の領域から外れるケースについても適用しうる。また、ウエハの外側に同面板を設けてもよく、この場合は、同面板の外縁に対応して各ノズルからの液体の供給を制御すればよく、これにより同面板の大きさを最小化することができる。したがって、ウエハステージの移動距離を小さくすることができ、装置サイズを小型化することができる。

【0154】

また、図15に示す構成例では、ノズルユニット5の各ノズルからの液の供給・停止が対応する開閉バルブの開閉によって行われる。これに代えて、例えばインクジェットプリンターで利用されているように、ノズルユニットの各ノズルに液滴を吐出・停止する機能を埋め込むことも可能であり、また連続して液体を供給する他に、液滴を高周波で吐出させることによって、実質的に連続した液膜をウエハ上に形成させることも可能である。具体的にはパブルジェット（登録商標）ノズルやサーマルジェットノズル、あるいはピエゾジェットノズルなどの構造及び機能を適用することができる。

10

【0155】

本発明の好適な実施の形態によれば、液浸法を適用した投影露光装置において、液滴を周囲に飛散させることなく、投影光学系最終面と基板との間に短時間で液膜を形成することができる。また、基板毎に、又は、露光に先立って実施する位置合わせ工程毎に、又は、露光装置の性能を維持するための各種工程毎に、個別に液体を回収する作業が不要になる。また、投影光学系最終面を常に純度の高い液体で覆うことができ、しかも環境雰囲気との接触面積を小さくすることができるため、所定の露光・解像性能を安定して得ることが可能となり、更には環境中や感光剤中に含まれる不純物による曇りを抑制あるいは防止することができる。これらにより、露光装置の規模を大きくすることなく、また露光装置の生産性を損なうことなく、高精度かつ安定した投影露光が可能になり、微細なパターンを安定してかつ良好に基板に転写することができる。

20

【0156】

次に、上述した露光装置を利用して、マイクロデバイス等のデバイスの一例としての半導体デバイスを製造するプロセスを説明する。図17は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク作製）では設計した回路パターンに基づいてマスクを作製する。

30

【0157】

一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記のマスクとウエハを用いて、上記の露光装置によりリソグラフィ技術を利用してウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ5によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の組み立て工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、ステップ7でこれを出荷する。

40

【0158】

上記ステップ4のウエハプロセスは以下のステップを有する。ウエハの表面を酸化させる酸化ステップ、ウエハ表面に絶縁膜を成膜するCVDステップ、ウエハ上に電極を蒸着によって形成する電極形成ステップ、ウエハにイオンを打ち込むイオン打ち込みステップ、ウエハに感光剤を塗布するレジスト処理ステップ、上記の露光装置によって回路パターンをレジスト処理ステップ後のウエハに転写する露光ステップ、露光ステップで露光したウ

50

エハを現像する現像ステップ、現像ステップで現像したレジスト像以外の部分を削り取るエッチングステップ、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト剥離ステップ。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。

【0159】

【発明の効果】

本発明によれば、液浸法を適用した露光装置及び露光方法の実用性を高めること、例えば、投影光学系の最終面と基板との間隙をより確実に液体で満たすこと、又は、投影光学系の最終面がそれを取り巻く雰囲気に晒される可能性を低減すること、又は、露光装置の構造を簡単化し、露光装置を小型化することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好適な実施形態の構成を概略的に示す図である。

【図2】本発明の好適な実施の形態において投影光学系とウエハとの間隙を液体で満たす工程を模式的に示す図である。

【図3】本発明の好適な実施の形態の露光装置における液体供給ノズル及び液体回収ノズルの第1の構成例を示す図である。

【図4】本発明の好適な実施の形態の露光装置における液体供給ノズル及び液体回収ノズルの第2の構成例を示す図である。

【図5】本発明の好適な実施の形態の露光装置における液体供給ノズル及び液体回収ノズルの第3の構成例を示す図である。

20

【図6】本発明の好適な実施の形態の露光装置における液体供給ノズル及び液体回収ノズルの第4の構成例を示す図である。

【図7】本発明の好適な実施の形態の露光装置における液体供給ノズル及び液体回収ノズルの第5の構成例を示す図である。

【図8】本発明の好適な他の実施形態の一部構成を概略的に示す図である。

【図9】本発明の好適な他の実施の形態の露光装置において投影光学系下に平面板を送り込む工程を示す図である。

【図10】本発明の好適な他の実施の形態の露光装置において投影光学系下に平面板を送り込む他の工程を示す図である。

【図11】本発明の好適な実施の形態の露光装置において投影光学系下に液膜を生成する工程を示す図である。

30

【図12】本発明の好適な実施の形態の露光装置において投影光学系下に液膜を生成する他の工程を示した図である。

【図13】本発明の好適な実施の形態の露光装置における液体供給ノズル及び液体回収ノズルの第6の構成例を示す図である。

【図14】本発明の好適な実施の形態の露光装置における液体供給ノズル及び液体回収ノズルの第7の構成例を示す図である。

【図15】本発明の好適な実施の形態の露光装置におけるノズルユニット（複数ノズルで構成されたノズルユニット）の構成例を示す図である。

【図16】図15に示すノズルユニットの適用例を示す図である。

40

【図17】半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。

【符号の説明】

1：レチクル

2：照明系

3：レチクルステージ

4：投影光学系

4s：投影光学系最終面

5, 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5g, 5h：液体供給ノズル

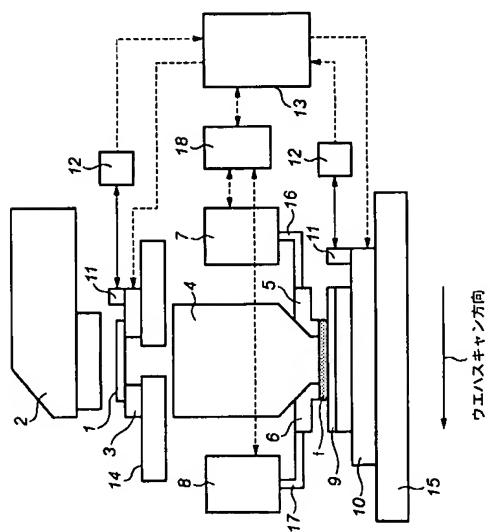
6, 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f, 6g, 6h：液体回収ノズル

7：液体供給装置

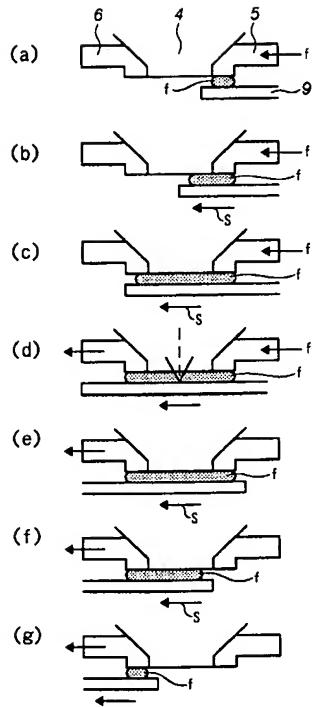
50

8 : 液体回収装置  
 9 : ウエハ  
 10 : ウエハステージ  
 11 : 参照ミラー  
 12 : 測距用レーザー干渉計  
 13 : ステージ制御装置、  
 14, 15 : 定盤  
 16 : 供給管  
 17 : 回収管  
 18 : 液浸制御装置 10  
 19 : 同面板  
 20, 20a, 20b : 連続部材 (液接触面)  
 20c : 外周面  
 21 : 平面板  
 22 : 吸引口  
 23 : 液体注入口  
 24 : 不活性ガス吹き出し部  
 f : 液浸用液体  
 g : 気体 20  
 ea : 露光スリット領域  
 J1, J2, ..., Jn : ノズル  
 V1, V2, ..., Vn : 開閉バルブ

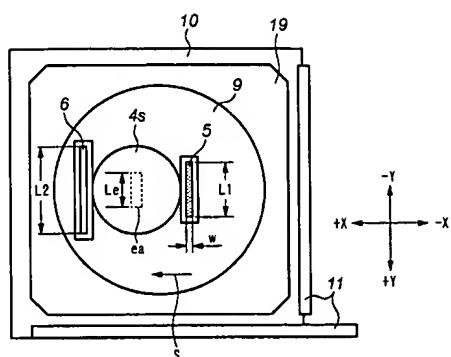
【図1】



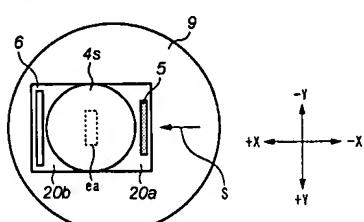
【図2】



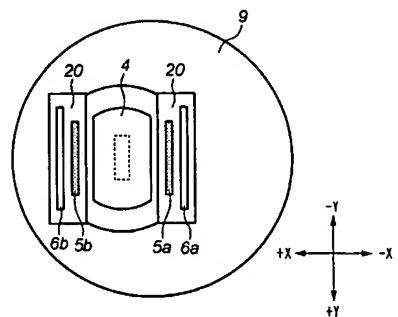
【四三】



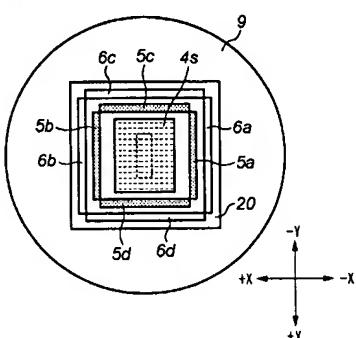
[図 4]



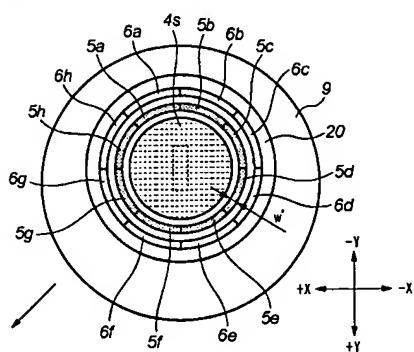
[ 図 5 ]



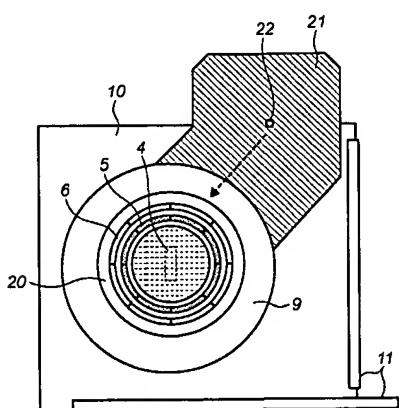
[ 6 ]



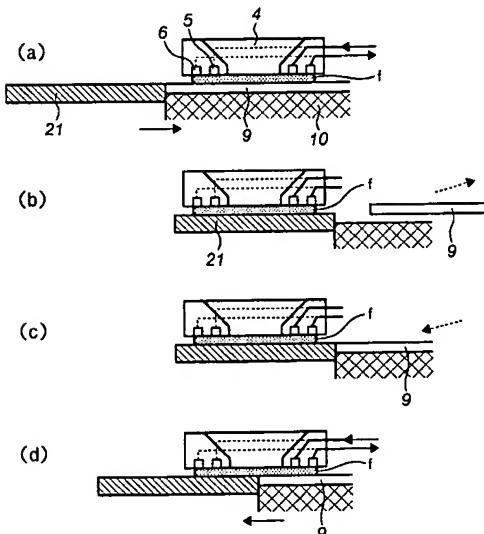
【 7 】



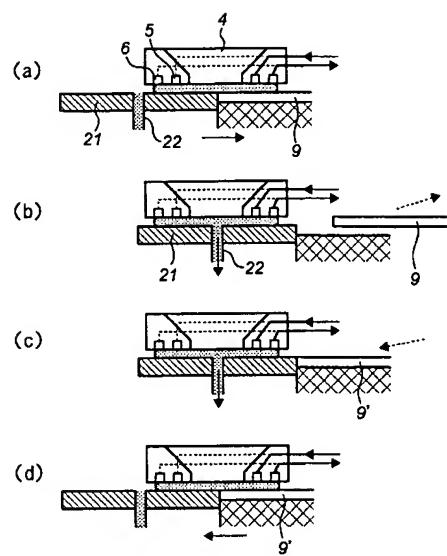
〔 8 〕



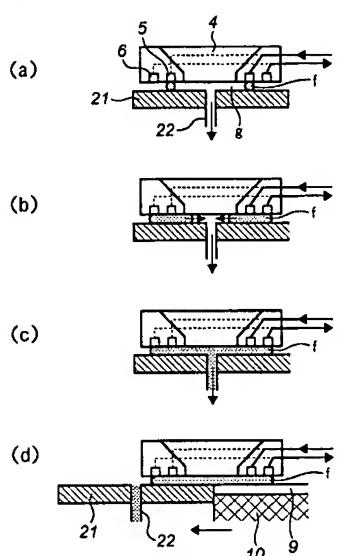
〔図 9〕



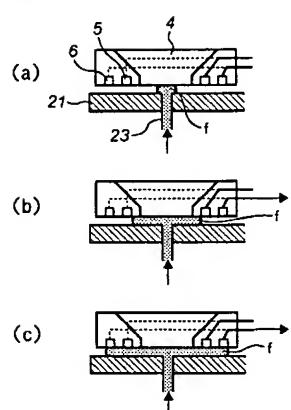
【図10】



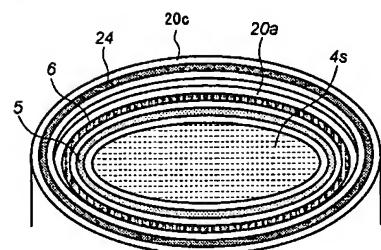
【図11】



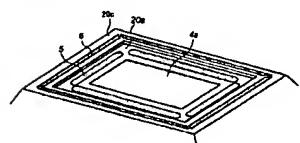
【図12】



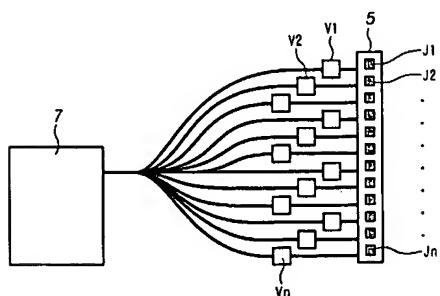
【図14】



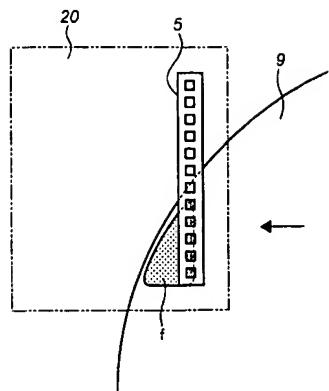
【図13】



【図15】



【図16】



【図17】

